

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

TESE

Produção e qualidade fisiológica de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) em resposta a adubação potássica e diferentes épocas de colheita

Ludmila Fonseca da Silva

2016



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

PRODUÇÃO E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst) EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO POTÁSSICA E DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA

LUDMILA FONSECA DA SILVA

Sob a Orientação da Professora
Claudia Antonia Vieira Rossetto

TESE submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Área de Concentração em Produção Vegetal.

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2016

575.68

S586p

T

Silva, Ludmila Fonseca da, 1982-

Produção e qualidade fisiológica de sementes de Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) em resposta a adubação potássica e diferentes épocas de colheita / Ludmila Fonseca da Silva - 2016.

111 f.: il.

Orientador: Claudia Antonia Vieira Rossetto.

Tese (doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia.

Inclui bibliografias.

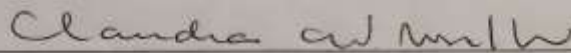
1. Sementes - Fisiologia - Teses. 2. Sementes oleaginosas - Controle de produção - Teses. 3. Sementes oleaginosas - Qualidade - Teses. 4. Sementes oleaginosas - Colheita - Teses. 5. Fisiologia pós-colheita - Teses. 6. Fisiologia vegetal - Teses. I. Rossetto, Claudia Antonia Vieira, 1967-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

LUDMILA FONSECA DA SILVA

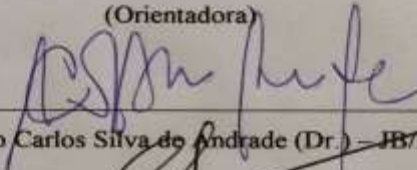
Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciências no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.

TESE APROVADA EM: 26/02/2016

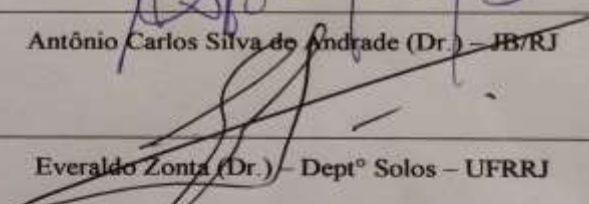


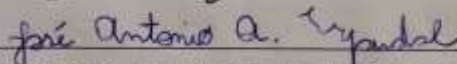
Claudia A. V. Rossetto (Dr^a) Dept^o Fitotecnia – UFRRJ

(Orientadora)

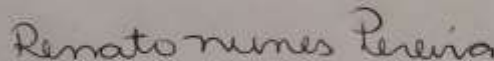


Antônio Carlos Silva de Andrade (Dr.) – IB/RJ


Everaldo Zonta (Dr.) – Dept^o Solos – UFRRJ



José Antônio Azevedo Espindola (Dr.) – Embrapa Agrobiologia



Renato Nunes Pereira (Dr.) – Dept^o Matemática - UFRRJ

RESUMO GERAL

SILVA, Ludmila Fonseca da. **Produção e qualidade fisiológica de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) em resposta a adubação potássica e diferentes épocas de colheita.** 2016. 111p. Tese (Doutorado em Agronomia, Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) é uma cultura de outono/inverno no Brasil, de ciclo curto, tolerante à seca e a temperaturas baixas, recicladora de nutrientes, participante de rotação de culturas e, suas sementes possuem elevado teor de óleo. Assim, o crambe se apresenta como uma alternativa produção de biodiesel e permite a inclusão de pequenos e médios produtores na sua produção. Estudos demonstram o efeito positivo da adubação potássica na produtividade de sementes de crambe e, a importância da determinação da época de colheita adequada, para assegurar máxima qualidade fisiológica das sementes, evitar perdas de produtividade e possíveis infecções. O objetivo foi o de avaliar a produção e qualidade fisiológica de sementes de crambe em resposta a adubação potássica e diferentes épocas de colheita. Foi instalado um experimento em campo no ano de 2013 e repetido em 2014, adotando o delineamento experimental em parcela subdividida, com quatro repetições, sendo as parcelas representadas pela adubação potássica (0, 15, 30, 60 e 90 kg K₂O ha⁻¹) e as subparcelas pelas três épocas de colheita. Foram avaliados a cada colheita, a produção por planta, os componentes de produção por planta de crambe, a produtividade das sementes e, as características morfológicas destas plantas. Em laboratório, as sementes produzidas foram submetidas às avaliações da germinação e do vigor (primeira contagem, condutividade elétrica e envelhecimento artificial), um mês após a colheita e após seis meses de armazenamento em câmara seca (18°C e 45% UR). Pelos resultados, pode-se concluir que em 2013, a adubação potássica e a época de colheita não favoreceram a massa de matéria seca de parte aérea, o número de ramos por planta, o número de sementes por planta a massa de 100 sementes, bem como a produtividade de sementes. Em 2014, as plantas adubadas com 90 kg K₂O ha⁻¹ e colhidas nas primeiras e segundas épocas, aos 88 e 95 dias após a semeadura (DAS) apresentaram maior número e produção de sementes por planta, bem como maior massa de 100 sementes. A contribuição da produção de sementes da haste principal foi maior quando a colheita foi realizada aos 85 DAS em 2013 e, aos 88 e 95 DAS (primeira e segunda colheita) em 2014, obtidas com a dose de 90 kg de K₂O ha⁻¹. Em relação à qualidade fisiológica, as sementes colhidas na terceira época, quando avaliadas após a colheita (avaliação inicial), apresentaram menor germinação, sem tratamento para superação de dormência, independente da adubação potássica, nos dois anos de cultivo, indicando que as sementes já tinham atingido a maturidade fisiológica e que os mecanismos de superação de dormência já estavam presentes. Após seis meses de armazenamento, as sementes de crambe colhidas na terceira época apresentaram maior germinação, sem tratamento para superação de dormência, independente da adubação potássica nos dois cultivos.

Palavras-chave: *Crambe abyssinica*, produção, qualidade.

GENERAL ABSTRACT

SILVA, Ludmila Fonseca da. **Yield and physiological quality of crambe seeds (*Crambe abyssinica* Hochst) in response to potassium fertilization and different harvest times.** 2016. 111p. Thesis (Ph.D in Agronomy, Plant Science). Institute of Agronomy, Plant Science Department, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) is a fall/winter crop in Brazil, short-cycle, drought-tolerant and low temperatures tolerant, recycling of nutrients, crop rotation participant and their seeds have high oil content. Thus, crambe is presented as an alternative to biodiesel production and allows the inclusion of small and medium producers in its production. Studies have shown the positive effect of potassium fertilization on crambe seed productivity, and the importance of determining the proper harvest time, to ensure maximum seed quality, avoid productivity losses and possible infections. The objective was to evaluate the yield and physiological quality of crambe seeds in response to potassium fertilization and different harvest times. An experiment under field conditions was installed in 2013 and this was repeated in 2014, using a split plot design, potassium fertilization as main plots (0, 15, 30, 60 and 90 kg K₂O ha⁻¹) and three harvest times as subplots. At each harvest, there were evaluated the seed production, production components for crambe plant, seed yield and plant morphological characteristics. In the laboratory, the seeds produced were submitted to evaluations of germination and vigor (first count, electrical conductivity and accelerated aging), a month after harvest and after six months of storage in a dry chamber (18°C and 45% RH). By the results it was concluded that in 2013, potassium fertilization and harvest time did not favored the dry matter of aerial part, the number of branches per plant, the number of seeds per plant, the mass of 100 seeds and the seed yield. In 2014, the plants fertilized with 90 kg K₂O ha⁻¹ in the first and second harvest time, 88 and 95 days after sowing (DAS) showed a higher seed number and yield per plant, as well as higher weight of 100 seeds. The contribution of seed production in the main stem was higher when the crop was harvested after 85 DAS in 2013 and, at 88 and 95 DAS in 2014 obtained with the dose of 90 kg K₂O ha⁻¹. Seeds harvested in the third time, when evaluated after harvest (initial evaluation), had lower germination without treatment to overcome dormancy, regardless of potassium fertilization, in both years of cultivation, indicating that the seeds had reached physiological maturity and the mechanisms to overcome dormancy were already present. After six months of storage, crambe seed harvested in the third time had higher germination, without treatment to overcome dormancy, regardless of potassium fertilization in both crops.

Key words: *Crambe abyssinica*, production, quality.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas da camada de 0-20 cm de profundidade, Seropédica-RJ, no ano de 2013.....	21
Tabela 2. Características químicas da camada de 0-20 cm de profundidade, Seropédica-RJ, no ano de 2014.....	21
Tabela 3. População inicial e final de plantas de crambe (unidade metro linear ⁻¹), no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).....	26
Tabela 4. Dados médios de comprimento da haste principal (cm), diâmetro da haste (mm) e número de folhas (unidade) de plantas de crambe, em resposta a doses de K ₂ O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).....	27
Tabela 5. Dados médios de massa de matéria seca de folhas, ramos e parte aérea (g) de plantas de crambe, em resposta a doses de K ₂ O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).....	28
Tabela 6. Dados médios do número de ramos primários, secundários, terciários (unidade) por planta de crambe, em resposta a doses de K ₂ O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).....	29
Tabela 7. Dados médios do número total de ramos (unidade) por planta de crambe, em resposta a doses de K ₂ O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).....	30
Tabela 8. Dados médios de produtividade (kg ha ⁻¹) de sementes de crambe, em resposta a doses de K ₂ O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).....	32
Tabela 9. Dados médios de produção (g planta ⁻¹), número de sementes total (unidade) e massa de 100 sementes (g) por planta de crambe, em resposta a doses de K ₂ O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).....	34
Tabela 10. Dados médios de produção de sementes da haste principal e dos ramos primários e secundários (g planta ⁻¹) por planta de crambe, em resposta a doses de K ₂ O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).....	38
Tabela 11. Dados médios de número de sementes da haste principal e dos ramos primários e secundários (unidade) por planta de crambe, em resposta a doses de K ₂ O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).....	39
Tabela 12. Dados médios de produção (g planta ⁻¹) e número de sementes dos ramos terciários (unidade) por planta de crambe, em resposta a doses de K ₂ O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).....	40

Tabela 13. Dados médios de grau de umidade de sementes de crambe após a colheita, após a secagem e após o armazenamento, provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).....	55
Tabela 14. Dados médios de sementes retidas em peneira 2,38” (2013), em peneira 2,83” (2014) e peso de mil sementes, provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).....	56
Tabela 15. Dados médios, em porcentagem, de germinação, plântulas anormais deformadas e infeccionadas e sementes não germinadas, obtidas no teste de germinação com substrato umedecido com água destilada (H_2O), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).....	57
Tabela 16. Dados médios, em porcentagem, de germinação, plântulas anormais deformadas e infeccionadas e sementes não germinadas, obtidas no teste de germinação com substrato umedecido com nitrato de potássio (KNO_3), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).....	59
Tabela 17. Dados médios, em porcentagem, da germinação em substrato umedecido com água destilada (H_2O) e com nitrato de potássio (KNO_3), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 2 (2014). Avaliação inicial.....	60
Tabela 18. Dados médios, em porcentagem, de plântulas normais na primeira contagem da germinação, obtidas no teste de germinação com substrato umedecido com água destilada (H_2O) e com nitrato de potássio (KNO_3) e condutividade elétrica, em $\mu S\ cm^{-1}\ g^{-1}$, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).....	62
Tabela 19. Dados médios, em porcentagem, de plântulas normais após exposição ao envelhecimento acelerado, obtidas de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).....	63
Tabela 20. Dados médios, em $g\ kg^{-1}$, de concentração de nitrogênio, fósforo e potássio em sementes de crambe, provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).....	66
Tabela 21. Dados médios, em porcentagem, de plântulas normais na germinação, de plântulas anormais deformadas e infeccionadas e de sementes não germinadas obtidas no teste de germinação com substrato umedecido com água destilada (H_2O), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014), após o armazenamento.....	69

Tabela 22. Dados médios, em porcentagem, de germinação, plântulas anormais deformadas e sementes não germinadas, obtidas no teste de germinação com substrato umedecido com nitrato de potássio (KNO_3), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na sementeira e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014), após o armazenamento.....70

Tabela 23. Dados médios, em porcentagem, da germinação em substrato umedecido com água destilada (H_2O) e com nitrato de potássio (KNO_3), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na sementeira e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013), após o armazenamento.....71

Tabela 24. Dados médios, em porcentagem, da germinação em substrato umedecido com água destilada, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na sementeira e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013), na avaliação inicial e após o armazenamento.....72

Tabela 25. Dados médios, em porcentagem, da germinação em substrato umedecido com água destilada, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na sementeira e diferentes épocas de colheita, no cultivo 2 (2014), na avaliação inicial e após o armazenamento.....72

Tabela 26. Dados médios, em porcentagem, de primeira contagem da germinação obtidos no teste de germinação com substrato umedecido com água destilada (H_2O) e com nitrato de potássio (KNO_3) e condutividade elétrica, em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na sementeira e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014), após o armazenamento.....74

Tabela 27. Dados médios, em porcentagem, de plântulas normais após exposição ao envelhecimento acelerado, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na sementeira e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014), após o armazenamento.....75

Tabela 28. Dados médios, em porcentagem, da primeira contagem do teste de germinação em substrato umedecido com água destilada, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na sementeira e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013), na avaliação inicial e após o armazenamento.....75

Tabela 29. Dados médios, em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, de condutividade elétrica, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na sementeira e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013), na avaliação inicial e após o armazenamento.....77

Tabela 30. Dados médios, em porcentagem, da primeira contagem do teste de germinação em substrato umedecido com água destilada, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na sementeira e diferentes épocas de colheita, no cultivo 2 (2014), na avaliação inicial e após o armazenamento.....77

Tabela 31. Dados médios, em porcentagem, da germinação após o envelhecimento acelerado, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na sementeira e diferentes épocas de colheita, no cultivo 2 (2014), na avaliação inicial e após o armazenamento.....78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Croqui da área experimental.....	20
Figura 2. Área experimental um mês após semeadura.....	21
Figura 3. Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima (°C) registradas durante o período de condução do experimento no Campo Experimental da UFRRJ nos anos de 2013 (a) e 2014 (b), Seropédica-RJ.....	25
Figura 4. Comprimento da haste principal de plantas de crambe, em resposta a doses de K ₂ O aplicadas na semeadura, no cultivo 2 em 2014 (b).....	31
Figura 5. Produção de sementes por planta de crambe, em resposta a doses de K ₂ O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 em 2013 (a) e cultivo 2 em 2014 (b).....	35
Figura 6. Número de sementes total (a) e massa de 100 sementes (b) por planta de crambe, em resposta a doses de K ₂ O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 2 (2014).....	36
Figura 7. Produção de sementes da haste principal por planta de crambe, em resposta a doses de K ₂ O e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013).....	40
Figura 8. Produção de sementes da haste principal (a) e dos ramos primários (b) por planta de crambe, em resposta a doses de K ₂ O e de épocas de colheita e, produção de sementes nos ramos secundários (c) por planta de crambe, em resposta a doses de K ₂ O, no cultivo 2 (2014).....	42
Figura 9. Número de sementes nos ramos primários (a), por planta de sementes de crambe, em resposta a doses de K ₂ O e de épocas de colheita e, número de sementes nos ramos secundários (b), por planta de crambe, em resposta a doses de K ₂ O, no cultivo 2 (2014).	43
Figura 10. Germinação (a) e plântulas anormais deformadas e infeccionadas (b), obtidas no teste de germinação com substrato umedecido com nitrato de potássio, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K ₂ O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013). Avaliação após um mês da colheita.....	60
Figura 11. Primeira contagem da germinação, obtida no teste de germinação com substrato umedecido com nitrato de potássio (a) e, plântulas normais após exposição ao envelhecimento acelerado (b), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K ₂ O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013). Avaliação após um mês da colheita.....	64
Figura 12. Primeira contagem da germinação, obtida no teste de germinação com substrato umedecido com nitrato de potássio, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K ₂ O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 2 (2014). Avaliação após um mês da colheita.....	64

Figura 13. Concentração de nitrogênio e potássio em sementes de crambe, provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 em 2013 (a;b) e cultivo 2 em 2014 (c;d).....67

Figura 14. Primeira contagem da germinação, obtida no teste de germinação com substrato umedecido com água destilada (a) e nitrato de potássio (b), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013). Avaliação após seis meses de armazenamento.....76

Figura 15. Plântulas normais após exposição ao envelhecimento acelerado de sementes de crambe, provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013). Avaliação após seis meses de armazenamento.....76

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1 Objetivos Gerais.....	2
2 REVISÃO DE LITERATURA GERAL	3
2.1 O crambe.....	3
2.2 Adubação potássica.....	4
2.3 Época de colheita.....	5
2.4 Qualidade fisiológica de sementes.....	6
2.5 Dormência.....	7
2.6 Armazenamento.....	9
2.7 Referências Bibliográficas.....	10
3 CAPÍTULO I PRODUÇÃO DE SEMENTES DE CRAMBE EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO POTÁSSICA E DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA	14
3.1 Introdução.....	17
3.2 Material e Métodos.....	20
3.3 Resultados e Discussão.....	24
3.3.1 Dados climáticos e análise química do solo.....	24
3.3.2 Avaliação da população de plantas.....	25
3.3.3 Avaliação das características morfológicas das plantas e acúmulo de massa de matéria seca.....	26
3.3.4 Produtividade de sementes.....	32
3.3.5 Produção de sementes por planta e seus componentes de produção.....	33
3.3.6 Avaliação da produção de sementes por planta através de seus componentes de produção, considerando as partes da planta.....	37
3.4 Conclusões.....	44
3.5 Referências Bibliográficas.....	45
4 CAPÍTULO II QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CRAMBE EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO POTÁSSICA E DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA	47
4.1 Introdução.....	50
4.2 Material e Métodos.....	52
4.3 Resultados e Discussão.....	55
4.3.1 Avaliação inicial da qualidade física e fisiológica das sementes.....	55
4.3.1.1 Germinação.....	56
4.3.1.2 Vigor.....	61
4.3.1.3 Concentração de nutrientes nas sementes.....	65
4.3.2 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes após seis meses de armazenamento.....	68
4.3.2.1 Germinação.....	68
4.3.2.2 Vigor.....	73
4.4 Conclusões.....	79
4.5 Referências Bibliográficas.....	80
5 CONCLUSÕES GERAIS	82
6 ANEXOS	83

1 INTRODUÇÃO GERAL

O crambe, pertencente à família Brassicaceae, pode compor sistemas de rotação de culturas no sistema de plantio direto, pode ser cultivado como primeira cultura ou como safrinha (HEINZ et al., 2011). O farelo e a torta de crambe, obtidos após a extração do óleo, podem ser utilizados na alimentação de bovinos de corte e de leite (HERCULANO, 2013; MENDONÇA et al., 2015). O óleo extraído das sementes de crambe pode ser utilizado na manufatura de borracha sintética, plastificantes, nylon, isolantes elétricos, entre outros, e como matéria prima para a produção de biodiesel (OPLINGER et al., 2000; JASPER et al., 2010).

A busca por alternativas ao uso de combustíveis fósseis como fonte de energia vem adquirindo papel cada vez maior mundialmente, devido à diminuição dos estoques desta matéria prima assim como seus elevados preços (ARANDA-RICKERT et al., 2011). Assim, diversos países têm investido na produção de biocombustíveis, tais como, na Europa: Inglaterra, Alemanha, França, Itália, França; na Ásia: Coreia do Sul, China, Tailândia e, nas Américas: Estados Unidos, Canadá, Argentina e Brasil (PENTEADO et al., 2007).

O biodiesel pode ser obtido de fontes animais e vegetais, biomassa florestal, resíduos e dejetos agropecuários e agroindustriais (BRASIL, 2006), sendo o proveniente de vegetais a maior fonte de energia renovável existente (JEFFERSON, 2006). Em 2004, no Brasil foi criado o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) com o objetivo de gerar nova renda para o País, diminuir as importações de diesel de petróleo, contribuir para a conservação do meio ambiente e favorecer a inclusão social (BRASIL, 2005). Pela lei 11.097 de 13 de Janeiro de 2005, o biodiesel foi introduzido na matriz energética brasileira, e através da Resolução 03 de Setembro de 2005 foi autorizada a inclusão de 2% de mistura de biodiesel no óleo derivado do petróleo (B2), passando a ser obrigatório entre 2008 e 2010. Já, em 2013 esta proporção de biodiesel no óleo oriundo de petróleo aumentou para 5% (B5) sendo obrigatória na comercialização e, em Julho de 2014 este percentual aumentou para 6% e em Novembro de 2014 para 7% (BRASIL, 2005).

A produção de biodiesel no Brasil ocupa 0,95% da matriz energética nacional e, apresentou um incremento no ano de 2014 em comparação ao ano anterior de 17,2%, passando de 2.918 mil m³ para 3.420 mil m³ (BRASIL, 2015b). No mês de Outubro de 2015, as matérias-primas utilizadas para produção de biodiesel no Brasil foram óleo de soja (72,20%), gordura bovina (22,04%), óleo de algodão (3,88%), outros materiais graxos (0,64%), gordura de porco (0,71%), óleo de fritura (0,47%) e gordura de frango (0,06%) (BRASIL, 2015a).

As fontes que possuem potencial para produção de biocombustíveis no Brasil são culturas anuais de ciclo primavera/verão (soja, girassol, amendoim, algodão, soja, mamona, nabo forrageiro, etc.), havendo falta de opções para a manutenção desta produção durante o outono e, ou, inverno (FEROLDI et al., 2012). Desta forma, o crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), uma cultura de inverno, com elevado teor de óleo nas sementes (36 a 38%), produtividade entre 1.000 e 1.500kg ha⁻¹ (em Mato Grosso do Sul), ciclo curto (em torno de 90 dias), recicladora de nutrientes, além de compor sistemas de rotação de culturas (soja e milho) e ser opção tanto para pequenos como para médios agricultores, é uma ótima alternativa para inclusão na matriz energética brasileira (PITOL et al., 2010).

Informações sobre a recomendação de adubação para a cultura do crambe ainda são escassas (ROSOLEM; STEINER, 2014). Porém, nos últimos anos alguns trabalhos desenvolvidos no Brasil demonstram que a elevação de doses de adubação potássica na semeadura do crambe favorece a produtividade de sementes (SANTOS et al., 2013; ROSOLEM; STEINER, 2014).

Outro ponto importante acerca da cultura do crambe que necessita de mais estudos é a determinação da época de colheita, pois a colheita quando realizada após a maturidade fisiológica das sementes pode acarretar perdas de produtividade, devido à queda ou quebra de sementes causada pela redução teor de água destas sementes, ou ainda a ocorrência infecções causado pela maior exposição a condições climáticas desfavoráveis no campo, como a infecção por *Alternaria brassicae* (OPLINGER et al., 2000; PITOL, 2008; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Dentro deste contexto, considerando o potencial da cultura do crambe para a produção de biodiesel e a inclusão de pequenos e médios produtores na sua produção, verifica-se a necessidade de maiores estudos sobre esta espécie e seu desempenho em regiões tropicais, assim como, sua resposta à adubação potássica e a diferentes épocas de colheita na produtividade, nos componentes de produção, na qualidade fisiológica das sementes e no potencial de armazenamento.

1.1 Objetivos gerais:

Avaliar os componentes de produção, o rendimento das sementes e a qualidade fisiológica das sementes de *Crambe abyssinica*, colhidas em três distintos momentos, de plantas crescidas em áreas que receberam diferentes doses de potássio na sementeira, em Seropédica-RJ.

2 REVISÃO DE LITERATURA GERAL

2.1 O crambe

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) pertence à família Brassicaceae, com centro de origem na região Mediterrânea, predominando na Ásia e Europa Ocidental. Testes agronômicos em crambe tiveram início na antiga União Soviética, em 1932, seguidos de testes no Canadá, Alemanha, Polônia e Suécia. Posteriormente, a cultura foi introduzida nos Estados Unidos em 1950 (NELSON et al., 1993). No Brasil, esta espécie pode ser considerada como nova cultura, tendo sua pesquisa iniciada na década de 1990 no Estado do Mato Grosso do Sul (PITOL, 2008), com posteriores estudos neste Estado (Masetto et al., 2009; Pitol et al., 2010) e, Paraná (Santos et al., 2012a; Rogério et al., 2013), Goiás (Costa et al., 2012), São Paulo (Jasper et al., 2010), Rio Grande do Sul (Cargnelutti Filho et al., 2011) e Rio de Janeiro (SANTOS, 2014).

As cultivares Meyer, BelAnn e BelEnzian estão disponíveis para a produção comercial de crambe, embora outras cultivares sejam registradas para a cultura, tais como, Belann, Belezian, Indy e Prophet (ENDRES; SCHATZ, 1993; OPLINGER et al., 2000). No Brasil, a Fundação do Mato Grosso do Sul (MS), é responsável pela introdução e desenvolvimento da do crambe na década de 1990, com o registro da primeira cultivar brasileira, a FMS Brilhante, em 2007, proveniente da seleção de materiais introduzidos do México na década de 90 (PITOL et al., 2010).

De acordo com pesquisas realizadas pela Fundação MS no Estado do Mato Grosso do Sul, o crambe é uma planta herbácea, ereta, de ciclo médio de 90 dias, com altura entre 70-90 cm (PITOL, 2008). As folhas são em forma oval, mas assimétricas. Apresenta hábito de florescimento indeterminado, com início a partir de 35 dias após a sementeira, apresentando flores de coloração branca reunidas em racemos. Os frutos de crambe são denominados síliquas lomentáceas, possuem forma esférica, são indeiscentes e apresentam no interior uma única semente (ENDRES; SCHATZ, 1993; PITOL, 2008).

A cultura do crambe apresenta como principais características o baixo custo de produção, de R\$587,70 ha⁻¹, em experimento realizado em Cascavel-PR no ano de 2012 (OLIVEIRA et al., 2013); facilidade de cultivo, utilizando áreas normalmente ociosas no período do outono/inverno em Mato Grosso do Sul (700 a 900 mil ha ocupados com milho, trigo e girassol somente no verão) e os mesmos equipamentos de uso para outras culturas produtoras de grãos (soja, milho e trigo); rusticidade; alta tolerância à seca (50mm de água, da sementeira até a emergência, são suficientes para uma produtividade de sementes satisfatória, em torno de 1.100 kg ha⁻¹) e a temperaturas baixas (tolerante a até -6°C e a geadas, sem a ocorrência de danos); comportando-se como uma cultura de outono-inverno no Brasil (com melhor desenvolvimento sob temperaturas amenas, em torno de 15°C) (PITOL, 2008; OLIVEIRA et al., 2013).

O crambe pode ser utilizado como matéria prima para a produção de biocombustíveis, como alternativa ao uso de combustíveis fósseis, pois não é uma cultura com fins alimentícios, possui elevada quantidade de ácido erúico na composição de seu óleo, e também por demonstrar vantagem na redução da emissão de dióxido de carbono, diminuindo o impacto ambiental (CARLSSON, 2006).

O óleo (36 a 38%) extraído das sementes de crambe contém 50 a 60% de ácido erúico, ácido graxo de cadeia longa com alta viscosidade, que possui diversas utilizações, tais como, na fabricação de películas plásticas, plastificantes, nylon, adesivos, e isolamento elétrica, além de ser um lubrificante industrial, inibidor de corrosão, e um ingrediente na fabricação de borracha sintética (FONTANA et al., 1998). Após extração do óleo, obtém-se um resíduo que pode ser utilizado como um suplemento proteico na alimentação de bovinos, pois apresenta

29,53% de proteína na torta (extração mecânica) e 37,60% de proteína no farelo (extração por solvente) (FONTANA et al., 1998; FAVARO et al., 2010). Porém, não é recomendado para alimentação de monogástricos devido aos teores elevados de glucosinolatos (substâncias que agem como uma proteção natural contra o ataque de pragas), que geram produtos tóxicos durante a digestão (FAVARO et al., 2010).

Segundo Fontana et al. (1998) a escolha da cultivar e da época de semeadura do crambe podem prejudicar o número de sementes por planta, variando entre 502 a 1.996, a produtividade de sementes, média de 2.720 kg ha⁻¹ e, o rendimento do óleo, média de 950 kg ha⁻¹, em experimento realizado em Po Valley-Itália. Para Roscoe et al. (2010), em Maracaju-MS, o crambe apresentou produtividade de sementes de 1.741kg ha⁻¹, sob condições de umidade do solo favoráveis (23,8 mm de chuva no dia da semeadura e 30,9 mm no dia seguinte), com adubação NPK (formulação 07-24-24 + 3,0 de S) na semeadura e 32 kg ha⁻¹ de N como cobertura (na forma de nitrato de amônio).

Santos et al. (2012a) observaram produtividade de sementes de 1.600 kg ha⁻¹ de crambe com adubação de 90 kg ha⁻¹ de K₂O, 9 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 30kg ha⁻¹ de P₂O₅ (aplicadas na forma de cloreto de potássio, ureia e superfosfato simples, respectivamente), em Umuarama-PR sob temperatura média de 22,1°C. Em Seropédica-RJ, Santos (2010) em solo que apresentava 0,17cmol_c dm⁻³ de potássio, com adubação de 10 kg ha⁻¹ de N, 70 kg ha⁻¹ de P e 60 kg ha⁻¹ de K (aplicadas na forma de ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente), temperatura mínima de 23,5°C e máxima de 28,7°C e precipitação pluvial de 245mm antes da semeadura, seguida de 15 dias de estiagem, observou uma produtividade de sementes de 1.139kg ha⁻¹.

2.2 Adubação potássica

O potássio é absorvido em elevadas quantidades pelas raízes, porém, não é metabolizado, permanecendo em sua forma iônica durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, mantendo um constante aumento do conteúdo de água na planta e, regulando seu transporte (MEURER, 2006; AMTMANN; BLATT, 2009). O transporte de K⁺ não é somente um meio para absorção e alocação deste nutriente, mas, também contrabalança o fluxo de outros íons, como o fluxo de prótons e, assim, permite a atividade dos sistemas da ATPsintase, H⁺-ATPase e H⁺co-transporte (AMTMANN; BLATT, 2009). A função osmótica do K⁺ atua tanto no crescimento, quanto no movimento reversível deste nutriente nos órgãos da planta e na abertura e fechamento estomático (MEURER, 2006).

No Brasil, estudos vêm sendo desenvolvidos com o crambe principalmente nos estados de Mato Grosso do Sul, Paraná, Goiás, São Paulo e Rio Grande do Sul e, os resultados demonstram que o aumento das doses de potássio na semeadura proporciona aumento da produtividade de sementes, devido às funções desempenhadas por este nutriente na planta, tais como, em processos osmóticos, na síntese de proteínas, na abertura e fechamento estomático, na permeabilidade da membrana e no controle de pH (SANTOS et al., 2012a).

De acordo com Freire et al. (2013) a resposta de uma cultura a adubação potássica é afetada de acordo com a concentração de potássio no solo. No Estado do Rio de Janeiro, as classes de fertilidade do solo para potássio são: baixa (até 0,12 cmol_c dm⁻³), média (0,12 a 0,23 cmol_c dm⁻³), alta (0,23 a 0,35 cmol_c dm⁻³) e muito alta (maior que 0,35 cmol_c dm⁻³). Assim, em solos classificados como de fertilidade baixa ou média de potássio é necessária a realização de uma adubação de correção, com o objetivo de aumentar os teores deste nutriente até o nível de suficiência e, assim ocorrer uma resposta positiva da cultura à adubação potássica (FREIRE et al., 2013). Porém, em solos com concentração de potássio acima de 0,23 cmol_c dm⁻³ (classes alta e muito alta), a adubação potássica pode ter sua resposta pela cultura reduzida ou até nula (FREIRE et al., 2013). O nível de suficiência de potássio no solo

para a cultura de crambe é de $0,24 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, ou seja, concentração de potássio no solo mínima para a obtenção de produtividade relativa de 90% (ROSOLEM; STEINER, 2014).

O aumento da produtividade de sementes de crambe em função do aumento das doses de potássio foi verificado por Santos et al. (2013) em Umuarama-PR, em solo com $0,41 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de potássio, Rosolem e Steiner (2014) em Botucatu-SP, em solo com concentração de potássio variando de $0,07$ a $0,35 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e, por Broch e Roscoe (2010), em Rio Verde-GO em solo que apresentava $0,24 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de potássio. No entanto, Broch e Roscoe (2010), em Maracaju-MS, em solo que continha $0,66 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de potássio, e Freitas (2010), em Dourados-MS em solo com $0,64 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de potássio, não observaram efeito significativo das doses de adubação potássica na produtividade de sementes de crambe, possivelmente, devido a elevada concentração deste nutriente no solo.

A resposta do crambe à fertilidade do solo também é semelhante à constatada para outras espécies da família Brassicaceae. Em mostarda (*Brassica juncea*), Mozaffari et al. (2012) determinaram que com o aumento da dose de potássio houve elevação da produtividade de sementes e peso de mil sementes. Em canola (*Brassica napus* L.), Khan et al. (2004) observaram que os maiores valores de produtividade de sementes, peso de mil sementes, número de vagens por planta e número de sementes por vagem foram obtidos na dose de 150 kg ha^{-1} de potássio, devido à concentração de macronutrientes ter sido suficiente para promover o crescimento vegetativo e reprodutivo das plantas. Ávila et al. (2004) em canola, também notaram que a adubação potássica ($160 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$) aumentou a produtividade de sementes, porém a massa de mil sementes não apresentou resposta em função das doses de potássio aplicadas. Já Govahi e Saffari (2006) também com canola, observaram que o aumento das doses de potássio (120 kg ha^{-1}) não alterou massa de matéria seca da planta (raiz, haste principal, ramos primários e secundários), comprimento da haste principal, número de ramos primários e secundários, produtividade de sementes e, peso de mil sementes.

2.3 Época de colheita

Comumente, a época de colheita leva em consideração o grau de umidade das sementes (MARCOS FILHO, 2005). Porém, para a maioria das espécies, o período de colheita nem sempre coincide com o de maior qualidade fisiológica das sementes, que ocorre quando a semente atinge a maturidade fisiológica. O período em que as sementes permanecem no campo, após a maturidade fisiológica, é fator importante na deterioração ou perda de vigor. Assim, a determinação da época de colheita apropriada é de suma importância, visto que sementes maduras apresentam um desenvolvimento físico e fisiológico que lhes asseguram a máxima capacidade germinativa e máximo vigor (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A maturidade fisiológica do crambe é atingida quando 50% das sementes apresentam coloração marrom, e as folhas se tornam amarelas e começam a cair da planta (KNIGHTS, 2002). Assim, as sementes não atingem a maturidade todas ao mesmo tempo, estando em diferentes estádios de desenvolvimento na planta. Por isso, a época de colheita correta é essencial para evitar perdas na produtividade (ENDRES; SCHATZ, 1993; FONTANA et al., 1998).

A colheita do crambe deve ser realizada imediatamente após a maturidade fisiológica, a fim de evitar perdas por queda das síliquas no campo, pois a partir deste momento ocorre diminuição brusca do grau de umidade das sementes (PITOL, 2008; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). A colheita atrasada torna as sementes sujeitas à quebra e a maior risco de infecção por *Alternaria brassicae*, devido ao maior tempo de exposição da planta no campo ao patógeno e a condições desfavoráveis que influenciam negativamente no vigor

dessas sementes, tornando-as mais suscetíveis a infecção (OPLINGER et al., 2000; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Freitas et al. (2007) avaliando a maturação e qualidade de sementes de repolho de verão colhidas em diferentes épocas, de acordo com a coloração das siliquas em quatro estádios de maturação (verde-escuro, verde-claro, arroxeadas e bege), observaram que a colheita deve ser feita quando as siliquas exibem cor verde-clara, a fim de diminuir possíveis perdas na qualidade ou quantidade das sementes.

Rossetto et al. (1997) analisando o efeito da adubação potássica e da época de colheita na qualidade fisiológica de sementes de canola, detectaram que houve interação entre a adubação e a época de colheita para as siliquas de coloração palha, sendo esta coloração considerada, pelos autores, como um índice prático da melhor época de colheita, apresentando a maior porcentagem de siliquas (93%) nesta cor na colheita realizada aos 140 dias após a semeadura, enquanto que no tratamento sem potássio a porcentagem de siliquas de cor palha nessa mesma colheita foi de 62%.

2.4 Qualidade fisiológica de sementes

Para a determinação da qualidade de um lote de sementes é necessário considerar a interação dos atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários destas sementes (MARCOS FILHO, 2005). A qualidade fisiológica engloba a germinação, o vigor, grau de umidade, porcentagem e uniformidade de emergência de plântulas e o potencial de armazenamento das sementes (MARCOS FILHO, 2005).

Atualmente, o teste de germinação vem sendo utilizado na rotina de laboratórios para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de crame (BRASIL, 2009). Este teste é uma ferramenta que fornece informações sobre o potencial máximo de germinação das sementes sob condições ótimas de ambiente, ou seja, de temperatura, disponibilidade de água e aeração (MARCOS FILHO, 2005). Porém, em condições de campo, as sementes podem sofrer condições desfavoráveis (estresse hídrico ou térmico), o que compromete a emergência das plântulas (RODO et al., 2000). Além disso, após a maturidade fisiológica inicia-se o processo de deterioração das sementes e, sua velocidade e intensidade dependem do fator genético e do manejo dos lotes durante a colheita, beneficiamento e armazenamento (MARCOS FILHO, 1999).

Assim, os testes de vigor foram desenvolvidos a fim de indicar diferenças entre os lotes de sementes que apresentem germinação similar, pois a redução do vigor ocorre antes da germinação. Estes testes são importantes na caracterização da qualidade fisiológica das sementes tanto no armazenamento, quanto no campo, contribuindo com conhecimentos suplementares ao teste de germinação (MARCOS FILHO, 1999; RODO et al., 2000).

Os testes de vigor são classificados em físicos, que avaliam características morfológicas e físicas das sementes; fisiológicos, que determinam atividade fisiológica específica; bioquímicos, que analisam alterações bioquímicas e de resistência, baseados em repostas ao estresse (MARCOS FILHO, 1999). Os testes físicos determinam o tamanho, peso, densidade e coloração das sementes. Os testes fisiológicos envolvem a classificação do vigor de plântulas, primeira contagem da germinação, velocidade de emergência de plântulas, transferência de matéria seca, de exaustão e crescimento de plântulas. Os testes bioquímicos são: de respiração, tetrazólio, condutividade elétrica, lixiviação de potássio, teste dos aldeídos voláteis e dos ácidos graxos livres. Já os testes de resistência compreendem o teste de germinação a baixas temperaturas, imersão em água quente, submersão, imersão em solução osmótica, imersão em soluções tóxicas à semente, tijolo moído, envelhecimento acelerado e teste de frio (MARCOS FILHO, 1999).

Em crame, a determinação da qualidade das sementes através dos testes de germinação e vigor pode ser verificada na literatura. Para Masetto et al. (2009) ao avaliarem a

qualidade fisiológica de sementes de crambe em Mato Grosso do Sul, observaram que os testes de germinação, primeira contagem da germinação e comprimento de plântulas foram os que melhor separaram os lotes pela qualidade fisiológica. Já para Toledo et al. (2011) o resultado do teste de germinação em sementes de crambe após envelhecimento acelerado é prejudicado pela temperatura e período de exposição às condições do teste, apresentando melhores respostas quando realizado por 72 horas a 40 ou 42°C pelo sistema tradicional. Santos (2010) estudando testes de vigor em sementes de crambe, observou que os testes de envelhecimento acelerado, realizado com 250 sementes dispostas sobre tela metálica no interior de caixas plásticas do tipo gerbox contendo 40 mL de NaCl, a 45°C por 36 horas; o teste de condutividade elétrica com 25 sementes imersas em 50mL de água a 20°C por 24 horas e, o teste de deterioração controlada com as sementes umedecidas previamente a 15% a 42°C permitiram a separação dos lotes de sementes em diferentes níveis de vigor.

Em outras brássicas, Kikuti e Marcos Filho (2008) estudando sementes de couve-flor, avaliaram que o teste de envelhecimento acelerado pelos métodos tradicional e da solução saturada a 41 e 45°C por 48 e 72 horas, apresentaram melhores resultados na combinação de 41°C por 48 horas no método tradicional e, no método da solução saturada de 45°C por 72 horas, permitindo a diferenciação dos lotes em diferentes níveis de vigor. Já Paiva et al. (2005) determinou que o teste de envelhecimento acelerado realizado pelo método tradicional a 41°C por 48 e 72 horas não possibilitou a separação dos lotes em níveis de vigor de sementes de couve-flor, enquanto que o teste de condutividade elétrica feito com 50 sementes imersas a 75 mL a 25°C por 12, 18 e 24 horas, o período de 24 horas permitiu a separação dos lotes em distintos níveis de vigor.

2.5 Dormência

Dormência é, possivelmente, um mecanismo de defesa das sementes contra condições desfavoráveis de ambiente para a germinação e, um recurso para a distribuição da germinação no tempo, onde as sementes viáveis, mesmo após exposição a condições ambientais propícias, não germinam (MARCOS FILHO, 2005).

Existem dois tipos de dormência: primária ou natural, que ocorre na fase da maturação da semente, permanecendo após a dispersão e pode ter sua intensidade reduzida em função das condições ambientais, temperatura, teor de água na semente e do tempo; e a dormência secundária, que é induzida por condições ambientais especiais e pode ocorrer na semente que não era dormente ou na que já superou a dormência primária (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Para Carvalho e Nakagawa (2012) a dormência é causada por três sistemas de controle: de água no interior da semente; do desenvolvimento do eixo embrionário e do equilíbrio entre substâncias promotoras e inibidoras de crescimento. No sistema de controle a entrada de água, a impermeabilidade à água é causada por substâncias que recobrem ou constituem o tegumento das sementes, ou ainda por estruturas morfológicas do tegumento como o hilo e o estrofíolo. Este tipo de dormência pode ser superada por tratamento de escarificação com envolvimento de microrganismos, temperaturas alternadas e animais. No sistema de controle do desenvolvimento do eixo embrionário, o embrião não está completamente desenvolvido quando a semente atinge a maturidade e, para a superação dessa dormência, a recomendação é colocar a semente em substrato úmido e temperatura adequada para a espécie, para que o embrião continue seu desenvolvimento. E, o sistema de controle do equilíbrio entre substâncias promotoras e inibidoras do crescimento é dividido em subsistemas (sensível à luz, à temperatura, ao oxigênio e, ou gás carbônico, à umidade, ao etileno e a substâncias receptoras de hidrogênio e elétrons) que podem ter ação conjunta na dormência ou a sua superação pode ser obtida pelo uso do mesmo tratamento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

De acordo com as Regras de Análises de Sementes, diferentes métodos podem ser utilizados para a superação da dormência, tais como, o armazenamento das sementes em locais secos; pré-resfriamento; pré-aquecimento; embebição do substrato com nitrato de potássio; ácido giberélico; germinação a baixa temperatura; luz; envelopes de polietileno lacrados; escarificação mecânica ou química ou ainda lavagem prévia das sementes para remoção de substâncias inibidoras presentes no pericarpo (BRASIL, 2009).

As sementes de crambe apresentam dormência, comumente observada em espécies não domesticadas, com o objetivo de sobrevivência e manutenção da espécie (CARLSON et al., 2006). Para a superação da dormência de sementes de crambe, é recomendada a embebição do substrato com KNO_3 (nitrato de potássio) e o armazenamento em locais secos (BRASIL, 2009; COSTA et al., 2012).

O uso do nitrato de potássio é indicado para a superação da dormência originada pelo subsistema sensível a substância receptoras de hidrogênio ou elétrons. Esta dormência é causada por substâncias fixadoras de O_2 presentes no pericarpo das sementes, sendo superada pela aplicação de substâncias que contenham o radical NO_3^- (nitrato) ou NO_2^- (nitrito), receptores de elétrons, como por exemplo, o KNO_3 . A partir da reação de oxidação do NADH a NAD^+ é formado o nitrito, que será utilizado na reoxidação de NADPH a NADP^+ , que por sua vez é necessário na via pentose-fosfato. A via pentose-fosfato inicia diversas reações metabólicas que culminam na oxidase citocrômica, no ciclo de Krebs e, assim, no suprimento de energia e matéria-prima para o crescimento do eixo embrionário. O nitrato e o nitrito têm ação estimulante sobre a via pentose-fosfato e, conseqüentemente, na superação da dormência (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Para Finch-Savage e Footitt (2012) o nitrato afeta os requisitos das sementes para a germinação e assim favorece a superação da dormência e não somente promove a germinação.

Para Costa et al. (2012) a superação da dormência de sementes de crambe durante o armazenamento ocorre em função da baixa temperatura e umidade relativa do ar, além do tempo de armazenamento. O efeito da umidade relativa do ar pode ser devido ao fornecimento do período necessário para que transformações bioquímicas que habilitam a germinação se completem, uma vez que ainda não tenham ocorrido no momento da maturidade das sementes, ou então, no caso da presença de inibidores que fixam quimicamente o O_2 , este gás iria se difundindo devagar no interior da semente durante o armazenamento, reduzindo a quantidade de inibidores presentes nos tecidos da semente (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Gutormson et al. (1992) determinaram a eficiência de diferentes tratamentos (ácido giberélico a 0,05%, KNO_3 a 0,2% e água) na superação da dormência em sementes de crambe e concluíram que o umedecimento do substrato com ácido giberélico reduz a dormência a zero; porém, aumenta a porcentagem de plântulas anormais na germinação e, o tratamento com KNO_3 diminui a dormência a 2% e a água a 12%. Martins et al. (2012) também estudando a influência de tratamentos pré-germinativos na germinação de sementes de crambe (ácido giberélico - GA_3 , KNO_3 a 0,2% e água) observaram que a maior porcentagem de plântulas normais na germinação, em sementes intactas (com tegumento), ocorreu quando estas foram submetidas ao tratamento com KNO_3 (40%), enquanto que a porcentagem de plântulas normais na germinação em substrato umedecido com água foi de 30%. Também, Costa et al. (2010) avaliando a influência de tratamentos químicos (GA_3 , KNO_3 a 0,2% e água) na germinação de sementes de crambe intactas (com tegumento), puderam determinar que a porcentagem de plântulas normais na germinação de sementes com substrato umedecido com KNO_3 foi de 24,5%, e com substrato umedecido com água destilada foi de 22,7%.

Bessa et al. (2015) avaliando a qualidade fisiológica de sementes de crambe durante o armazenamento (0, 3, 6 e 9 meses) em diferentes ambientes (refrigerado, a $10 \pm 1,19$ °C e $34,84 \pm 4,09\%$ UR e, natural, a $24,81 \pm 1,82$ °C e $54,93 \pm 12,77\%$ UR), concluíram que o

armazenamento em ambiente natural promoveu a superação da dormência no terceiro mês e conservou o vigor. Já Masetto et al. (2013) estudando o armazenamento de sementes de crambe (0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias) em diferentes ambientes (ambiente – $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ e 60% de UR e câmara fria e seca – $15\pm 2^{\circ}\text{C}$ e 45% de UR), observaram que as sementes, provavelmente, não possuem dormência, pois apresentaram 60% de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação quando recém-colhidas e 62% aos seis meses de armazenamento.

2.6 Armazenamento

No armazenamento, o período em que as sementes permanecem viáveis é prejudicado pelo seu elevado grau de umidade, que acelera a velocidade do metabolismo, e pela elevada temperatura, que também aumenta a velocidade das reações químicas e da respiração (MARCOS FILHO, 2005). A manutenção da qualidade fisiológica das sementes é possível a partir de condições de armazenamento ideais, ou seja, propiciando perda do vigor menos acentuada (DELOUCHE et al. 1973). A definição da época de colheita adequada também influencia o período seguro de armazenamento, onde sementes colhidas fora do ponto de maturidade fisiológica possuem menor potencial de armazenamento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Para Oplinger et al. (2000) o grau de umidade mínimo para o armazenamento das sementes de crambe deve ser de 10%. Já para Nelson et al. (1993) o grau de umidade das sementes de crambe deve ser 8% para longo período de armazenamento, afim de manter a viabilidade das sementes.

Costa et al. (2012) avaliando a qualidade dos frutos de crambe pelos testes de condutividade elétrica, germinação, índice de velocidade de germinação e absorção de água, durante o armazenamento em condições de ambiente, câmara refrigerada do tipo BOD e em câmara climatizada com aparelho de ar condicionado, por 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 meses, observaram que o armazenamento em câmara climatizada com aparelho de ar condicionado promoveu a melhor conservação dos frutos de crambe em relação aos demais tipos de armazenamento. Abreu et al. (2011) estudando a qualidade fisiológica de sementes de girassol, pelo teste de condutividade elétrica, durante o armazenamento a 10°C e 25°C constantes e a 25°C por seis meses seguido de 10°C , com avaliações a cada três meses por 12 meses, observaram que o armazenamento a baixa temperatura apresentou melhor manutenção da qualidade fisiológica das sementes, mas que houve diminuição da germinação ao longo do armazenamento e, que o teste de condutividade elétrica não foi eficiente na caracterização da deterioração das sementes armazenadas a baixa temperatura.

Rossetto et al. (1997) observaram que a adubação potássica de 40kg ha^{-1} , favoreceu a germinação e manutenção do vigor, avaliado pelo teste de primeira contagem da germinação das sementes de canola armazenadas por seis meses, em condições de ambiente, sem controle de temperatura e umidade relativa do ar.

2.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, L.A.S.; CARVALHO, M.L.M.; PINTO, C.A.G.; KATAOKA, V.Y. Teste de condutividade elétrica na avaliação de sementes de girassol armazenadas sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.4, p.635-642, 2011.
- AMTMANN, A.; BLATT, M.R. Regulation of macronutrient transport. **New Phytologist**, v.181, p.35-52, 2009.
- ARANDA-RICKERT, A.; MORZÁN, L. FRACCHIA, S. Seed oil content and fatty acid profiles of five *Euphorbiaceae* species from regions in Argentina with potencial as biodiesel source. **Seed Science Research**, v.21, p.63-68, 2011.
- ÁVILA, M.R.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; ALBRECHT, L.P. Adubação potássica em canola e seu efeito no rendimento e na qualidade fisiológica e sanitária das sementes. **Acta Scientiarum**, v.26, n.4, p.475-481, 2004.
- BESSA, J.F.V.; DONADON, J.R.; RESENDE, O.; ALVES, R.M.V.; SALES, J.F.; COSTA, L.M. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte I – Qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental e Agrícola**, v.19, n.3, p.224-230, 2015.
- BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Boletim Mensal do Biodiesel. Outubro de 2015a.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Resenha Energética Brasileira**, Exercício de 2014. Brasília: 2015b, 32p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa N°45**, de 17 de Setembro de 2013. BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, 2009. 365p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Produção e Agroenergia. **Plano Nacional de Agroenergia**. Brasília: 2006, 110p.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia e Agencia Nacional do Petróleo, Lei 11.097, 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a criação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel.
- BROCH, D.L.; ROSCOE, R. Fertilidade do solo, adubação e nutrição do crambe. In: PITOL,C.; BROCH, D.L.; ROSCOE, R. **Tecnologia e Produção: Crambe 2010**. Fundação MS, Maracajú, 2010.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; LOPES, S.J.; TOEBE, M.; SILVEIRA, T.R.; SCHWANTES, I.A. Tamanho da amostra para estimação do coeficiente de correlação de Pearson entre caracteres de *Crambe abyssinica*. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.1, p.149-158, 2011.
- CARLSSON, A.S. **Production of was esters in Crambe**. 2006. CNAP: University of York.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 588p.
- COSTA, L.M.; RESENDE, O.; GONÇALVES, D.N.; SOUSA, K.A. Qualidade dos frutos de crambe durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.2, p.239-301, 2012.
- COSTA, F.P.; MARTINS, L.D.M.; LOPES, J.C. Frequência de germinação de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.) sob influência de tratamentos pré-germinativos e de temperaturas. **Nucleus**, v.7, n.2, p.185-194, 2010.
- DELOUCHE, J. C.; MATTHES, R. K.; DOUGHERTY, G. M.; BOYD, A. H. Storage of seed in sub-tropical and tropical regions. **Seed Science and Tecnology**, v.1, n.3, p.671-700, 1973.
- ENDRES, G.; SCHATZ, B. **Crambe Production**. North Dakota State University, 1993.

FAVARO, S.P.; ROSCOE, R.; DELMONTES, A.M.A.; MENDONÇA, B.P.C.; SOUZA, A.D.V. Produtos e co-produtos. Tecnologia e produção: crambe 2010. Maracajú: FUNDAÇÃO MS, v.1, p. 48-51, 2010.

FEROLDI, M.; CREMONEZ, P.A.; FEIDEN, A.; ROSSI, E.; NADALETI, W.C.; ANTONELLI, J. Cultivo do crambe: Potencial para produção de biodiesel. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.2, p.11-22, 2012.

FINCH-SAVAGE, W.E.; FOOTITT, S. To germinate or not to germinate: a question of dormancy relief not germination stimulation. **Seed Science Research**, v.22, n.4, p.243-248, 2012.

FONTANA, F.; LAZZERI, L.; MALAGUTI, L.; GALLETI, S. Agronomic characterization of some *Crambe abyssinica* genotypes in a locality of the Po Valley. **European Journal of Agronomy**, v.9, p.117-126, 1998.

FREIRE, L.R.; BALIEIRO, F.C.; ZONTA, E.; ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; LIMA, E.; GUERRA, J.G.M.; FERREIRA, M.B.C.; LEAL, M.A.A.; CAMPOS, D.V.B.; POLIDORO, J.C. **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, DF: Embrapa; Seropédica, RJ: Editora Universidade Rural, 2013. 430p.

FREITAS, M.E. Comportamento agrônomico da cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst) em função do manejo empregado, 2010. 50p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2010.

FREITAS, R.A.; NASCIMENTO, W.M.; COIMBRA, K.G. Maturação e qualidade de sementes de repolho de verão sob condições tropicais. **Horticultura Brasileira**, v.25, n.4, p.586-589, 2007.

GOVAHI, M.; SAFFARI, M. Effect of potassium and sulphur fertilizers on yield, yield components and seed quality of spring canola (*Brassica napus* L.) seed. **Journal of Agronomy**, v.5, n.4, p.577-582, 2006.

GUTORMSON, T.J.; LARSON, K.L.; WAQAR, T. Germination of freshly harvested and after-ripened crambe (*Crambe abyssinica* Hochst. EX. R.E. FRIES) seed. **Journal of Seed Technology**, v.16, n.1/2, 1992.

HEINZ, R.; GARBIATE, M.V.; VIEGAS NETO, A.L.; MOTA, L.H.S.; CORREIA, A.M.P.; VITORINO, A.C.T. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crambe e nabo forrageiro. **Ciência Rural**, v.41, n.9, p.1549-1555, 2011.

HERCULANO, B.N. **Farelo de crambe na alimentação de bovinos leiteiros**. 2013. 61p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina, MG, 2013.

JASPER, S.P.; BIAGGIONI, M.A.M.; SILVA, P.R.A.; SEKI, A.S.; BUENO, O.C. Análise energética da cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) produzida em plantio direto. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.3, p.395-403, 2010.

JEFFERSON, M. Sustainable energy development: performance and prospects. **Renew Energy**, v.31, p.571-582, 2006.

KHAN, H.Z.; MALIK, M.A.; SALEEM, M.; AZIZ, I. Effect of different potassium fertilization levels on growth, seed yield and oil contents of canola (*Brassica napus* L.). **International Journal of Agriculture & Biology**, v.6, n.3, p.557-559, 2004.

KIKUTI, A.L.P.; MARCOS FILHO, J. Physiological potencial of cauliflower seeds. **Scientia Agrícola**, v.65, n.4, p.374-380, 2008.

KNIGHTS, E. G. **Crambe: A North Dakota case study**. Dakota, v. 02/005, 2002. 25p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

MARCOS FILHO, J. Testes de Vigor: Importância e Utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) **Vigor de Sementes: conceitos e testes**, ABRATES, cap. I, 1999.

MARTINS, L.D.; COSTA, F.P.; LOPES, J.C.; RODRIGUES, W.N. Influence of pre-germination treatments and temperature on the germination of crambe seeds (*Crambe abyssinica* Hochst). **IDESIA** (Chile), v.30, n.3, p.23-28, 2012.

MASETTO, T.E.; GORDIN, C.R.B.; ANEXOS, J.B.; REZENDE, R.K.S.; SCALON, S.P.Q. Armazenamento de sementes de *Crambe abyssinica* Hochst. Ex R.E.Fr. em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Ceres**, v.60, n.5, p.646-652, 2013.

MASETTO, T.E.; ANEXOS, J.B.; MOREIRA, F.H.; RIBEIRO, D.M.; BENITES JUNIOR, I.; REZENDE, R.K.S. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de crambe produzidas no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.13, n.3, p.107-113, 2009.

MENDONÇA, B.P.C.; LANA, R.P.; DETMANN, E.; GOES, R.H.T.B.; CASTRO, T.R. Torta de crambe na terminação de bovinos de corte em confinamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.2, p.583-590, 2015.

MEURER, E.J. **Potássio**. In: FERNANDES, M.S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432p.

MOZAFFARI, S.N.; DELKHOSH, B.; RAD, A.S. Effect of nitrogen and potassium levels on yield and some of the agronomical characteristics in mustard (*Brassica juncea*). **Indian Journal of Science and Technology**, v.5, n.2, p.2051-2054, 2012.

NELSON, L.A.; GROMBACHER, A.; BALTENSBERGER, D.D. **Crambe Production**. University of Nebraska, 1993.

OLIVEIRA, R.C. AGUIAR, C.Ç.; VIECELLI, C.A.; PRIMIERI, C.; BARTH, E.F.; BLEIL JUNIOR, H.G.; SANDERSON, K.; ANDRADE, M.A.A.; VIANA, O.H.; SANTOS, R.F.; PARIZOTTO, R.R. **Cultura do Crambe**. Cascavel: ASSOESTE, 2013. 70p. (Boletim Técnico).

OPLINGER, E.S.; OELKE, E.A.; KAMINSKI, A.R.; PUTNAM, D.H.; TEYNOR, T.M.; DOLL, J.D.; KELLING, K.A.; DURGAN, B.R.; NOETZEL, D.M. **Crambe, Alternative Field Crops Manual**. 2000.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de couve-flor. **Científica**, v.33, n.1, p.103-105, 2005.

PENTEADO, R.A.N.; CUNHA, R.B.C.; PENTEADO, A.P. **Biodiesel – Uma sinopse das conjunturas brasileira e mundial**. In: II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 2007, Brasília.

PITOL, C.; BROCH, D.L.; ROSCOE, R. **Tecnologia e Produção: Crambe 2010**. Fundação MS, Maracajú, 2010.

PITOL, C. **Cultura do Crambe**. In: Fundação MS. Tecnologia e Produção: milho safrinha e culturas de inverno. Maracaju, MS, 2008. p. 85-88.

RODO, A.B. et al.; PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Metodologia alternativa do teste de envelhecimento acelerado para sementes de cenoura. **Scientia Agricola**, v.57, n.2, p. 289-292, 2000.

ROGÉRIO, F.; SILVA, T.R.B.; SANTOS, J.I.; POLETINE, J.P. Phosphorus fertilization influences grain yield and oil content in crambe. **Industrial Crops and Products**, v.41, p.266-268, 2013.

ROSCOE, R.; PITOL, C.; BROCH, D.L. **Necessidades climáticas e ciclo da cultura**. In: PITOL, C.; BROCH, D.L.; ROSCOE, R. Tecnologia e Produção: Crambe 2010. Fundação MS, Maracajú, 2010.

ROSOLEM, C.A.; STEINER, F. Adubação potássica para o crambe. **Bioscience Journal**, v.30, n. suplementar 1, p.140-146, 2014.

ROSSETTO, C.A.V.; NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A. Efeito da adubação potássica e da época de colheita na qualidade fisiológica de sementes de canola (*Brassica napus* L. var. oleífera Metzg.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, n.2, p.348-353, 1997.

SANTOS, L.A.S. **Desempenho e produção de crambe em cultivo sucessivo**. 2014. 91p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014.

SANTOS, J.I.; SILVA, T.R.B.; ROGÉRIO, F.; SANTOS, R.F.; SECCO, D. Yield response in crambe to potassium fertilizer. **Industrial Crops and Products**, v.43, p.297-300, 2013.

SANTOS, J.I.; ROGÉRIO, F.; MIGLIAVACCA, R.A.; GOUVEIA, B. SILVA, T.B.; BARBOSA, M.C. Efeito da adubação potássica na cultura do crambe. **Bioscience Journal**, v.28, n.3, p.346-350, 2012a.

SANTOS, L.A.S. **Produção e qualidade fisiológica de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst)**. 2011. 128p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

TOLEDO, M.Z.; TEIXEIRA, R.N.; FERRARI, T.B.; FERREIRA, G.; CAVARIANI, C.; CATANEO, A.C. Physiological quality and enzymatic activity of crambe seeds after accelerated aging test. **Acta Scientiarum**, v.33, n.4, p.687-694, 2011.

3 CAPÍTULO I

PRODUÇÃO DE SEMENTES DE CRAMBE EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO POTÁSSICA E DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA

RESUMO

O objetivo foi o de avaliar a influência da adubação potássica e das épocas de colheita na produção de sementes de crambe. Para isto, foi instalado um experimento em 2013 e repetido em 2014, no campus experimental da UFRRJ, adotando o delineamento experimental em parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo as parcelas representadas pela adubação potássica (0, 15, 30, 60 e 90 kg K₂O ha⁻¹, na fonte de cloreto de potássio) e as subparcelas pelas três épocas de colheita, com início após 50% das sementes apresentarem coloração marrom. Foram avaliados a cada colheita, a produção de sementes (g planta⁻¹) e os componentes de produção por planta de crambe, bem como a produtividade de sementes (kg ha⁻¹) e as características morfológicas destas plantas. Pelos resultados pode-se concluir que em 2013, a adubação potássica e a época de colheita não favoreceram a massa de matéria seca de parte aérea, o número de ramos por planta, o número de sementes por planta a massa de 100 sementes, bem como a produtividade de sementes. Em 2014, as plantas adubadas com 90 kg K₂O ha⁻¹ e colhidas nas primeira e segunda épocas, aos 88 e 95 dias após a semeadura (DAS), apresentaram maior número e produção de sementes por planta, bem como maior massa de 100 sementes. A contribuição da produção de sementes da haste principal foi maior quando a colheita foi realizada aos 85 DAS em 2013 e, aos 88 e 95 DAS em 2014, obtidas com a dose de 90 kg de K₂O ha⁻¹.

Palavras-chave: colheita, *Crambe abyssinica* H., crescimento, potássio, produtividade.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the crambe seed production as affected by potassium fertilization and harvest times. For this, an experiment was installed in 2013 and repeated in 2014, in the experimental campus of UFRRJ, with experimental design in a split plot with four replications, potassium fertilization as main plots (0, 15, 30, 60 e 90 kg K₂O ha⁻¹, the source of potassium chloride) and three harvest times as subplots, beginning after 50% of the seeds present brown coloration. At each harvest, there were evaluated the seed production (g planta⁻¹), the production components for crambe plants, the seed yield (kg ha⁻¹) and the plant morphological characteristics. By the results, it was concluded that in 2013, potassium fertilization and harvest time did not favored the dry matter of aerial part, the number of branches per plant, the number of seeds per plant, the mass of 100 seeds and the seed yield. In 2014, plants fertilized with 90 kg K₂O ha⁻¹ in the first and second harvest time, 88 and 95 days after sowing (DAS) showed a higher seed number and yield per plant, as well as higher weight of 100 seeds. The contribution of seed production in the main stem was higher when the crop was harvested after 85 DAS in 2013, and after 88 and 95 DAS in 2014, obtained with the dose of 90 kg K₂O ha⁻¹.

Key words: *Crambe abyssinica* H., growth, harvest, potassium, yield

3.1 INTRODUÇÃO

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.) é uma espécie da família Brassicaceae, sendo considerada resistente ao déficit hídrico na germinação, ou seja, a necessidade mínima é de 50mm de água nesta fase e, no florescimento, a necessidade máxima é de 150 a 200mm de água. No entanto, apresenta maior tolerância ao déficit hídrico, devido à profundidade de seu sistema radicular pivotante, atingindo profundidades maiores que 0,15m, que outras culturas, como milho, canola, mostarda e soja (ENDRES; SCHATZ, 1993; KNIGHTS, 2002).

O crambe extrai do solo quantidades expressivas de nutrientes, em torno de 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 21 kg ha⁻¹ de fósforo e 16 kg ha⁻¹ de potássio, porém exporta menos nutrientes em comparação a outras culturas de entressafra, como milho safrinha, onde o milho exporta 50% a mais de P, 81% a mais de K e 28% a mais de N que as plantas de crambe (BROCH; ROSCOE, 2010). Além disto, as sementes de crambe apresentam concentrações de 40 kg t⁻¹ de nitrogênio, 14 kg t⁻¹ de fósforo (P₂O₅) e 11 kg t⁻¹ de potássio (K₂O) sendo que a exportação de nutrientes pelas plantas de crambe é de 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 21 kg ha⁻¹ de fósforo e 16 kg ha⁻¹ de potássio (BROCH; ROSCOE, 2010).

Assim, dentre estes nutrientes, o potássio é responsável pelo aumento do teor de carboidratos, óleos, gorduras e proteínas, estimula a maturação das sementes, diminuindo a produção de sementes mal formadas, aumenta a resistência à seca, geadas, pragas, ajuda na fixação simbiótica de nitrogênio, entre outros (MALAVOLTA, 1989). Além disto, os solos brasileiros apresentam carência de potássio, devido à sua baixa capacidade de troca catiônica (CTC) e por este nutriente ser de fácil lixiviação no solo (KINPARA, 2003). Desta forma, na literatura, tem se alguns trabalhos relacionando a adubação potássica a produção e qualidade das sementes produzidas.

A adição de potássio pela adubação no solo pode propiciar alguns benefícios à cultura do crambe. Santos et al. (2012) estudando o efeito de diferentes doses de adubação potássica (0, 15, 30 60 e 90 kg K₂O ha⁻¹, aplicado na forma de KCl), em experimento realizado em Umuarama-PR em solo que apresentava 0,41cmol_c.dm⁻³ de potássio, constataram que não houve resposta significativa de massa seca de 100 sementes com as doses de potássio e que houve aumento da produtividade de sementes de crambe com o aumento das doses de potássio variando de 650 kg ha⁻¹ na dose zero para 1.600 kg ha⁻¹ na dose de 90 kg K₂O ha⁻¹. Para os autores, o aumento da produtividade em função do aumento das doses da adubação potássica se deve as funções que o nutriente desempenha na planta, tais como, em processos osmóticos, na síntese de proteínas, na abertura e fechamento estomático, na permeabilidade da membrana e no controle de pH. Assim, a maior concentração de potássio disponível para a planta maximiza seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (SANTOS et al., 2012).

Santos et al. (2013) avaliando a resposta de produtividade de sementes de crambe a adubação potássica (0, 15, 30, 60 e 90kg ha⁻¹, aplicado na forma de KCl) determinaram a população de plantas após o florescimento e a produtividade, em dois anos (2010 e 2011), em experimento realizado em Umuarama-PR em solo que apresentava 0,41cmol_c dm⁻³ de potássio, puderam observar que o aumento das doses de K₂O resultou em elevação da produtividade de sementes no ano de 2010 (de 750 kg ha⁻¹ na dose zero para 1.000 kg ha⁻¹ na dose de 60 kg de K₂O ha⁻¹). Porém, no ano de 2011 a produtividade de sementes manteve-se em torno de 700 kg ha⁻¹, devido a baixas temperaturas, com ocorrência de geadas, e, consequentemente menor desenvolvimento da cultura. Para população de plantas, não houve influência das doses de K₂O. Ainda para estes autores, elevadas doses de potássio no solo podem prejudicar a germinação das sementes devido ao estresse salino, causando desuniformidade na população inicial de plantas (SANTOS et al., 2013).

Santos (2010) avaliando a produção de sementes de crambe em Seropédica-RJ em solo que apresentava $0,17 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de potássio e adubação de 10 kg ha^{-1} de N, 80 kg ha^{-1} de P e 60 kg ha^{-1} de K (aplicadas na forma de sulfato de amônia, superfosfato simples e cloreto de potássio), com colheita realizada aos 108 dias após a emergência, observou uma produção de $2,79 \text{ g sementes planta}^{-1}$, produtividade de sementes de 1.139 kg ha^{-1} , concentrações de $21,57 \text{ g kg}^{-1}$ de nitrogênio, $3,65 \text{ g kg}^{-1}$ de fósforo e $14,06 \text{ g kg}^{-1}$ de potássio nas sementes, população inicial de 16 plantas e final de 13 plantas, peso de mil sementes de 6,79g,

Broch e Roscoe (2010) em experimento com crambe realizado em Maracaju-MS em solo que apresentava $0,66 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de potássio, avaliando o efeito de diferentes doses de potássio (0, 20, 40, 80 e $120 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$, aplicado na forma de KCl) observaram que não houve efeito significativo da adubação potássica na produtividade de sementes (média de 2.000 kg ha^{-1}), atribuindo este resultado ao elevado teor de potássio presente no solo, ou seja, a presença de $0,66 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de potássio deve ter sido suficiente para total manifestação do potencial produtivo do crambe. Já em experimento realizado em Rio Verde-GO com as mesmas doses de adubação potássica (0, 20, 40, 80 e $120 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$, aplicado na forma de KCl) em solo que apresentava $0,24 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, foi observada resposta significativa crescente de produtividade de sementes às doses do nutriente, onde a maior produtividade de sementes (1.241 kg ha^{-1}) foi obtida com a dose de $74 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$, seguido de um decréscimo de produtividade (1.100 kg ha^{-1}) nas doses seguintes (BROCH; ROSCOE, 2010). Para estes autores, quando a concentração de potássio no solo estiver abaixo do nível recomendado (dependente da espécie) para as principais culturas agrícolas, pode ser esperada uma resposta do crambe à adubação potássica.

Em outras espécies da mesma família, tal como a canola, com a aplicação de potássio no solo, pode-se constatar a diminuição do ciclo da cultura, havendo interação entre esse nutriente e a época de colheita, como observado por Rossetto et al. (1997). Também em canola, Ávila et al. (2004) avaliando o efeito da adubação potássica no rendimento, com doses de 0, 40, 80, 120 e 160 kg ha^{-1} de K_2O na forma de KCl, em experimento realizado em Maringá-PR em solo que apresentava $0,25 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de potássio, notaram que a adubação potássica aumentou a produtividade de sementes de $458,15 \text{ kg de sementes ha}^{-1}$ na dose zero para $626,48 \text{ kg de sementes ha}^{-1}$ na dose $160 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$. A massa de mil sementes não apresentou resposta em função das doses de potássio aplicadas, mantendo-se em 0,36g.

Khan et al. (2004) analisando o efeito de diferentes doses de adubação potássica (0, 25, 50, 75, 100, 125 e 150 kg aplicado na forma de K_2SO_4) na produtividade de sementes de canola (*Brassica napus* L.), em experimento realizado em Faisalabad, no Paquistão, em solo que apresentava $0,33 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de potássio, observaram que os maiores valores de produtividade de sementes (3.473 kg ha^{-1}), peso de mil sementes (3.603g), número de vagens por planta (658,7) e número de sementes por vagem (23,50) foram obtidos na dose de 150 kg ha^{-1} e os menores na dose zero, sem potássio (2.585 kg ha^{-1} , 3,043g, 607,0 vagens por planta e 19,67 sementes por vagem). Para estes autores, a maior produtividade de sementes apresentada pelas plantas adubadas com 150 kg ha^{-1} é devido a melhoria do ambiente de crescimento sob concentração de macronutrientes suficientes, que resultou em aumento da produtividade de sementes; o maior número de vagens por planta obtido na dose de 150 kg ha^{-1} pode ser atribuída a quantidade de potássio aplicada, sendo esta suficiente para promover o crescimento vegetativo e reprodutivo das plantas;

Mozaffari et al. (2012) estudando o efeito de doses de potássio (0, 45, 90 e 135 kg ha^{-1} , aplicado na forma de K_2SO_4), em experimento realizado em Qazvin, no Irã, em solo que apresentava $0,74 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de potássio, na produtividade de sementes de mostarda (*Brassica juncea*) observaram que com o aumento da dose de potássio houve um aumento da produtividade de sementes e peso de mil sementes, variando de 2.349 kg ha^{-1} e 2,4g na dose de 45 kg ha^{-1} para 2.856 kg ha^{-1} e 2,87g na dose de 135 kg ha^{-1} de potássio. Govahi e Saffari

(2006) em experimento realizado em Kerman, no Irã, em solo que apresentava 209mg kg^{-1} de potássio, estudaram o efeito do potássio (0, 60, 90 e 120 kg ha^{-1} , aplicado na forma de KCl) no desenvolvimento das plantas, na produtividade de sementes e nos componentes de produção. Pelos resultados, os autores observaram que o aumento da dose de potássio de zero para 120 kg ha^{-1} não alterou peso seco, comprimento da haste principal da planta, número de ramos primários e secundários; produtividade de sementes; peso de mil sementes; a aplicação de potássio não prejudicou o teor de óleo ou de proteína. A dose de 60 kg ha^{-1} aumentou a produtividade de sementes em 2,51%, mas acima desta dose não foi significativo (GOVAHI; SAFFARI, 2006).

Outro aspecto a considerar para a cultura do crambe está relacionado à época de colheita, Pitol (2008) recomenda que a colheita deva ser feita imediatamente após a maturidade fisiológica das sementes, ou seja, quando 50% de síliquas apresentam coloração marrom, a fim de evitar perdas por debulha natural no campo. De acordo com Oplinger et al. (2000), atrasos na colheita do crambe tornam as sementes sujeitas à quebra e a maior risco de infecção por *Alternaria brassicae*, devido ao maior tempo de exposição da planta no campo ao patógeno e à condições desfavoráveis.

Em canola, outra espécie da família Brassicaceae, Rossetto et al. (1998) em experimento realizado em Botucatu-SP em solo que apresentava $0,9\text{ mmol c K}^+ \text{ kg}^{-1}$, estudando o efeito de diferentes épocas de colheita (112, 119, 126, 133, 140, 147 e 154 dias após a semeadura) na produtividade de sementes de canola não constatarem diferença estatística significativa entre a produtividade de sementes nos diferentes momentos de colheita, porém a maior produtividade de sementes obtida foi proveniente das sementes colhidas após 147 dias da semeadura (554 kg ha^{-1}). Os autores também avaliaram o efeito da adubação potássica (0 e 40 kg ha^{-1} de K, aplicado na forma de KCl) na produtividade de sementes de canola, concluindo que a adubação com potássio não favoreceu a produtividade de sementes (374 kg ha^{-1} no tratamento com 40 kg ha^{-1} de K, e 367 kg ha^{-1} no tratamento sem potássio) (ROSSETTO et al., 1998).

Diante do exposto, o objetivo foi avaliar a produção de sementes de crambe em resposta à adubação potássica e diferentes épocas de colheita.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no ano agrícola de 2013 e repetido em 2014 na mesma área, no campus experimental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) em Seropédica, RJ, em Planossolo (RAMOS et al., 1973). Em cada ano de cultivo, o delineamento adotado foi de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram representadas pelas doses de potássio 0, 15, 30, 60 e 90 kg K₂O ha⁻¹, usando como fonte cloreto de potássio e, as subparcelas, pelas três épocas de colheita, a partir do momento em que 50% das sementes apresentaram a coloração marrom. Assim, as épocas de colheita no ano de 2013 foram aos 73, 85 e 95 dias após a semeadura (DAS), e no ano de 2014 aos 88, 95 e 103 DAS.

Cada subparcela foi composta por quatro linhas (4 m cada) espaçadas entre si por 0,35m, sendo a área útil, formada por 3 m da linha central.

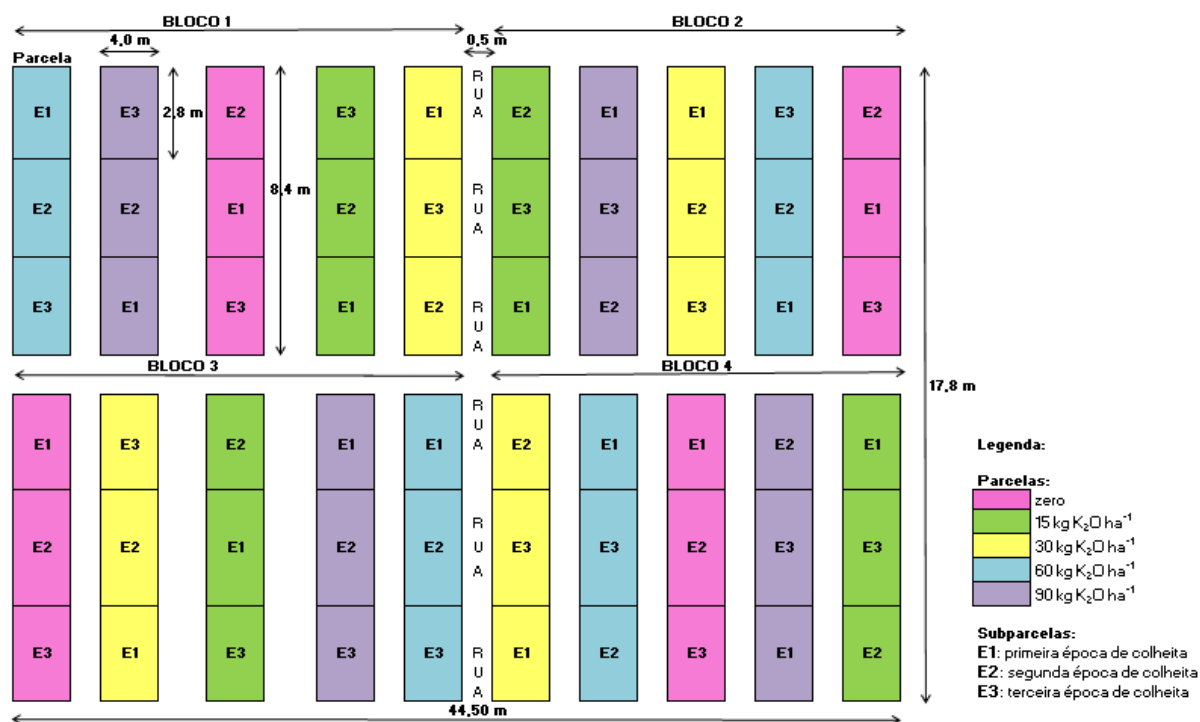


Figura 1. Croqui da área experimental do cultivo 2 (2014).

Durante a condução do experimento, foram coletados os dados de temperatura do ar e precipitação pluvial no período de desenvolvimento da cultura junto ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

Nos dois experimentos, anos de 2013 e 2014, amostras de solo foram coletadas na camada de 0-20cm de profundidade, antes da implantação do experimento para a caracterização química, realizada pela PESAGRO-Seropédica (Tabelas 1 e 2).



Figura 2. Área experimental um mês após sementeira, no cultivo 2 (2014).

Tabela 1. Características químicas da camada de 0-20 cm de profundidade, Seropédica-RJ, no ano de 2013.

pH em água	Al	Ca+Mg	Ca	Mg	P	K
	cmol _c dm ⁻³			mg dm ⁻³		
6,0	0,0	6,0	5,1	0,9	28,0	103

Tabela 2. Características químicas da camada de 0-20 cm de profundidade, Seropédica-RJ, no ano de 2014.

pH em água	Al	Ca+Mg	Ca	Mg	P	K
	cmol _c dm ⁻³			mg dm ⁻³		
5,3	0,0	4,6	3,3	1,3	4,5	35

As sementeiras foram realizadas manualmente, em 13 de Abril de 2013 e 03 de Abril de 2014, utilizando-se sementes com pericarpo (síliquas), da cultivar FMS Brilhante. Foram utilizados 7,0 kg de sementes ha⁻¹ com espaçamento 0,35 m, 35 sementes por metro linear de sulco, considerando peso de 1.000 sementes de 6 gramas, visando uma população de 100 plantas m⁻², de acordo com Fontana et al. (1998).

Na sementeira foi aplicado, manualmente, 0, 15, 30, 60 e 90 kg K₂O ha⁻¹ na forma de cloreto de potássio com base na recomendação para outras brássicas (Freire et al., 2013) e, com base nos resultados da análise química do solo, 9 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de ureia, nos dois anos de cultivo e, 60 kg ha⁻¹ de fósforo em 2013 e 120 kg ha⁻¹ em 2014, na forma de

superfosfato simples. Foram realizados tratos culturais de acordo com a recomendação de Pitol et al. (2010).

Para a coleta dos dados foram realizadas as seguintes avaliações:

A avaliação da população inicial de plantas: foi realizada aos 21 dias após a semeadura, nos dois experimentos realizados nos anos de 2013 e 2014, com a contagem do número de plantas por metro linear, por subparcela.

Avaliação das características morfológicas das plantas: foram coletadas plantas em 0,5m linear de uma linha (ou seja, cerca de 10 plantas) para determinação do comprimento da haste principal (cm), número de folhas (unidade), diâmetro do caule (mm) e números de ramos (unidade) por planta, por subparcela.

Avaliação da produção e dos componentes de produção: Por subparcela, foram coletadas plantas em 0,5 m linear de uma linha, (cerca de 10 plantas) para avaliação da produção de sementes por planta (g planta^{-1}) e dos componentes de produção, tais como número de sementes por planta e massa de 100 sementes (g planta^{-1}).

Após a separação das partes da planta, foram avaliados a produção e o número de sementes na haste principal e nos ramos (primários, secundários e terciários). Os resultados (produção e número de sementes) foram expressos por planta de crambe. Em cada subparcela também foi avaliado o número de ramos (primários, secundários, terciários e total) e o acúmulo de massa de matéria seca nas folhas e na parte aérea (folhas + ramos) por planta, sendo os resultados expressos em g planta^{-1} .

Assim, no ano de 2013, as sementes foram colhidas em 26 de junho (73 dias após a semeadura), 7 de julho (85 DAS) e 17 de julho (95 DAS) e, no ano de 2014 em 30 de junho (88 DAS), 07 de julho (95 DAS) e 15 de julho (103 DAS).

Avaliação da produtividade: foi avaliada considerando a colheita das síliquas das plantas de duas linhas (3,0 m cada) de cada subparcela, no total de $4,2 \text{ m}^2$, e os resultados convertidos para kg ha^{-1} a 9% de água.

Avaliação da população final e do grau de umidade: por subparcela, foi realizada a contagem do número de plantas por metro linear para a avaliação da população final de plantas e coleta das sementes para avaliação do grau de umidade no momento das colheitas e após a secagem.

Em 2013, para a secagem das sementes colhidas aos 73 e 85 dias após a semeadura, estas foram dispostas em caixas plásticas, à sombra, até que o grau de umidade atingisse 9%, já a secagem das sementes da terceira colheita, ou seja, colhidas aos 95 dias após a semeadura ocorreu ainda na planta, com o objetivo de reduzir o grau de umidade das sementes para o armazenamento.

Para verificar a normalidade e homogeneidade da variância dos erros, foram utilizados os testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente, pelo Programa R. Para as variáveis em que as pressuposições não foram atendidas, utilizou-se o procedimento Box-Cox por meio do programa R para encontrar a transformação adequada para os dados. No cultivo 1 (2013), os dados de número de folhas, número de ramos terciários, número de ramos total, massa de matéria seca de folhas, produção e número de sementes nos ramos terciários, produção de sementes e massa de 100 sementes foram transformados, uma vez que eles não atendiam todas as pressuposições básicas da análise de variância. No cultivo 2 (2014), os dados de número de folhas, número de ramos terciários, número de ramos total, massa de matéria seca de caule, folhas e parte aérea, produção de sementes na haste principal e nos ramos secundários e terciários, número de sementes na haste principal e nos ramos terciários, produção de sementes e massa de 100 sementes foram transformados, uma vez que eles não atendiam todas as pressuposições básicas da análise de variância.

Após a transformação, os dados foram submetidos à análise de variância, sendo que as pressuposições foram checadas novamente, com o intuito de verificar se as transformações

foram adequadas, utilizando os programas R e Sisvar. Foi realizada a comparação das médias pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade para as variáveis qualitativas e, a análise de regressão para as variáveis quantitativas, com a escolha da equação de acordo com a significância dos coeficientes da equação, do valor de R^2 e da expectativa biológica (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Dados climáticos e análise química do solo

Pela Figura 3, foi observado que entre 20 de Abril e 14 de Maio de 2013, período correspondente à fase vegetativa das plantas de crambe, ocorreu, temperatura máxima do ar de 25,8°C, mínima de 18,0°C e média de 21,6°C. E entre 11 de Abril e 11 de Maio de 2014, ocorreu, temperatura máxima do ar de 27,9°C, mínima de 17,8°C e média de 22,9°C (Figura 3). A precipitação pluvial até o florescimento foi de 140 mm em 2013 e de 136 mm em 2014 e, após este período foi até a primeira, segunda e terceira colheitas, respectivamente de 4,8; 34,8 e 67 mm em 2013 e, de 12,2; 12,6 e 42,4 mm em 2014. Assim, a necessidade hídrica da cultura, que é de 150 a 200 mm até o florescimento e após este período, máximo de 20 mm, para evitar a ocorrência de doenças, não foi adequada para ambos os cultivos, com base em Roscoe et al. (2010).

O ciclo da cultura (da sementeira até a maturidade fisiológica) no ano de 2013 foi de 73 dias, sendo menor que em 2014, que foi de 88 dias (Figura 3). O ciclo em 2014 foi próximo ao relatado por Pitol et al. (2010), como sendo de 90 dias, sob 25°C. Assim, a redução do ciclo em 2013, provavelmente, foi causada pela soma térmica durante o ciclo, em 2013 foi de 1.455,6 graus-dia e em 2014 de 1.802,0 graus-dia. Segundo Roscoe et al. (2010), o crambe necessita em média de 1.350 graus-dia para completar seu ciclo (emergência até maturidade fisiológica) com temperatura base mínima de 2,5°C (KMEC et al., 1998). Comparando com a literatura, Viana (2013) realizou a soma térmica durante o ciclo das plantas de crambe (emergência até maturidade fisiológica) em diferentes épocas de sementeira. Esses autores determinaram que, quando a sementeira foi realizada em Abril, em Cascavel-PR, o ciclo do crambe foi de 125 dias e soma térmica de 1.070 graus-dia, enquanto que na sementeira em Julho o ciclo foi de 78 dias com soma térmica de 893,55 graus-dia.

Em relação ao solo, nos dois anos de cultivo (2013 e 2014), o solo em que foi semeado o crambe apresentava pH em água de 6,0 e ausência de alumínio trocável, que é favorável para a cultura, com base em Broch e Roscoe (2010). Para os autores, o crambe é sensível à acidez, sendo que o pH deve estar entre 5,8 e 6,2 e, a presença de alumínio tóxico causa prejuízo a produtividade. Além disto, neste trabalho, na sementeira, o solo apresentava, 103mg dm⁻³ de potássio e 28mg dm⁻³ de fósforo em 2013 e, 35mg dm⁻³ de potássio e 4,5mg dm⁻³ de fósforo em 2014. Segundo Broch e Roscoe (2010) ainda não foram estabelecidos os níveis críticos dos nutrientes no solo e indicações de doses de adubação para o crambe no Brasil, porém, nos últimos anos estão sendo realizados estudos com esta finalidade.

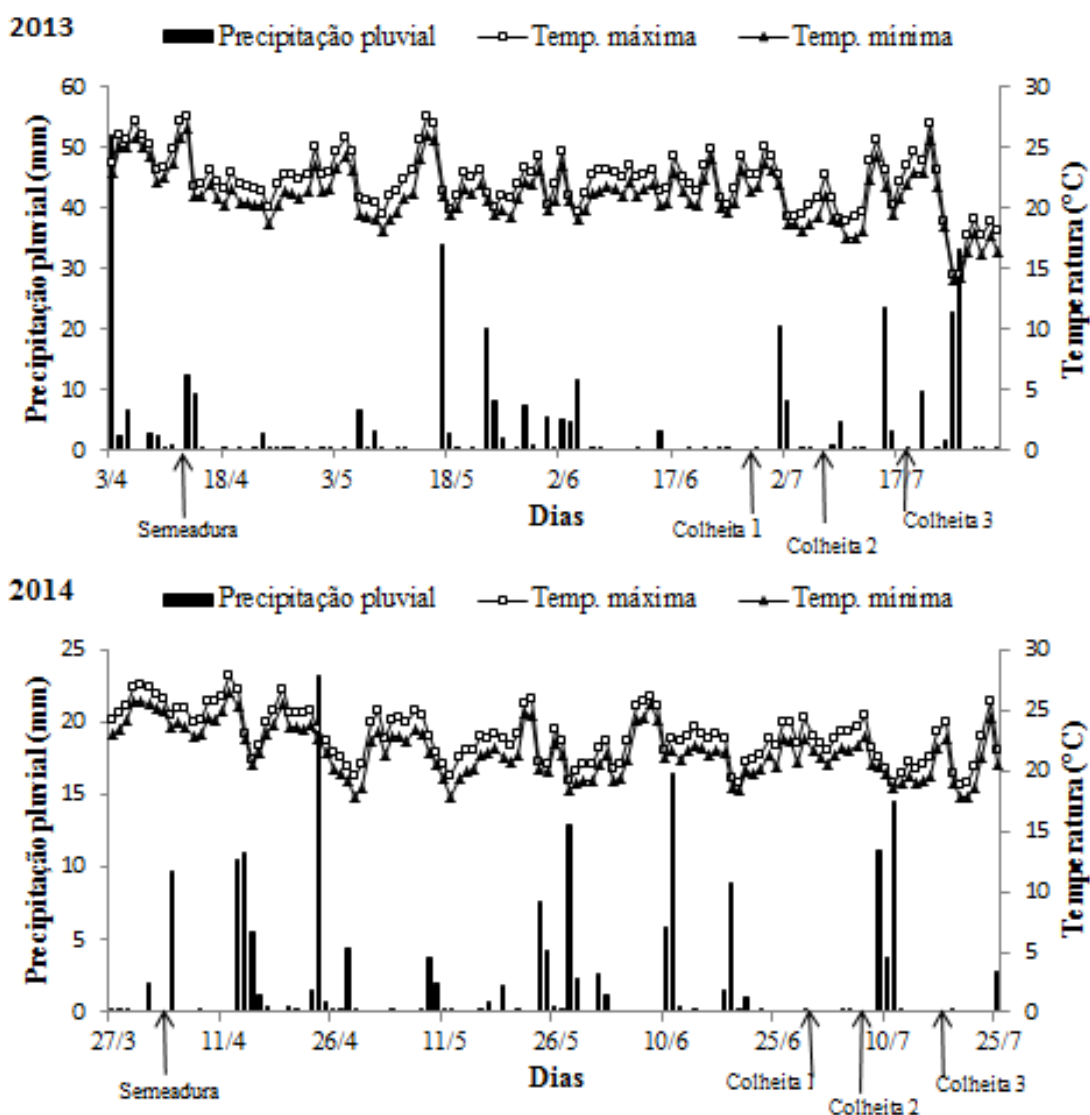


Figura 3. Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima (°C) registradas durante o período de condução do experimento no Campo Experimental da UFRRJ nos anos de 2013 (a) e 2014 (b), Seropédica-RJ.

3.3.2 Avaliação da população de plantas

Nos dois anos de cultivo (2013 e 2014) não houve efeito significativo das doses de K_2O para a população inicial das plantas de crambe (Anexo 1). Na Tabela 3 pode ser observado, nos anos de 2013 e 2014, que independente da época de colheita, o número de plantas na população inicial não diferiu entre as doses de K_2O . O valor médio foi de 22 e 25 plantas por metro linear em 2013 e 2014, respectivamente, quando foi utilizada a densidade de semeadura de 35 sementes por metro linear, revelando 63% de sobrevivência das plantas em 2013 e de 71% em 2014. Esta menor sobrevivência em 2013 foi devido, provavelmente a baixa precipitação pluvial (22 mm) (Figura 3) durante a fase de germinação das sementes e emergência das plântulas, sendo este valor abaixo do mínimo necessário nesta fase (50 mm de água após a semeadura), de acordo com Roscoe et al. (2010).

Tabela 3. População inicial e final de plantas de crambe (unidade metro linear⁻¹), no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Épocas de colheita		Adubação (kg ha ⁻¹)					Médias
		0	15	30	60	90	
		População inicial (n° m linear ⁻¹)					
Médias	Cultivo 1	24	22	21	22	23	22
C.V. 1 (%)	14,53						
C.V. 2 (%)	12,69						
Médias	Cultivo 2	26	24	25	26	25	25
C.V. 1 (%)	16,74						
C.V. 2 (%)	18,23						
		População final (n° m linear ⁻¹)					
1	Cultivo 1	18	16	16	14	20	17a
2		15	12	12	14	11	13b
3		16	14	12	13	13	14ab
Médias		16	14	14	14	15	
C.V. 1 (%)	15,49						
C.V. 2 (%)	14,41						
1	Cultivo 2	11	12	12	12	12	12a
2		11	11	10	11	12	11a
3		10	11	11	11	12	11a
Médias		11	11	11	11	12	11
C.V. 1 (%)	16,81						
C.V. 2 (%)	14,44						

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Para população final de plantas de crambe, somente em 2013, houve efeito significativo de épocas de colheita e, em 2014, não houve efeito significativo de tratamentos (épocas de colheita e doses de K₂O). Assim, em 2013, no momento da segunda colheita (85 DAS), foi constatado o menor número de plantas por metro linear (13 plantas), independente das doses de K₂O, embora o valor não tenha diferido estatisticamente do observado na terceira colheita (14 plantas m⁻¹) (Tabela 3). E, em 2014, foram verificadas em média 11 plantas por metro linear (Tabela 3). A redução da população final, em ambos os cultivos, provavelmente, foi devido à morte de plantas devido a baixa precipitação pluvial. Santos et al. (2013) em Umuarama-PR também não observaram efeito das doses de K₂O (0, 15, 30, 60 e 90 kg K₂O ha⁻¹) na população de plantas de crambe quando esta foi avaliada no início do florescimento, numa população de 15 plantas m⁻² em 2010 e 11 plantas m⁻² em 2011.

3.3.3 Avaliação das características morfológicas das plantas e acúmulo de massa de matéria seca

No cultivo de 2013, pelo resultado da análise de variância, foi constatado que na avaliação das características morfológicas das plantas de crambe, não houve efeito significativo de tratamentos (épocas de colheita e doses de K₂O) para comprimento e diâmetro da haste principal, número de folhas, massa de matéria seca de parte aérea e, número de ramos (primários, secundários e total) (Anexos 2 e 3). Em 2014, também não houve efeito significativo de tratamentos (épocas de colheita e doses de K₂O) para diâmetro da haste principal, massa de matéria seca de parte aérea e, número de ramos (primários, secundários, terciários e total) (Anexos 2 e 3).

Em 2013, houve efeito significativo de épocas de colheita para número de ramos terciários (Anexo 3), onde as plantas da segunda época de colheita apresentaram maior

número de ramos, porém não diferenciou estatisticamente das plantas colhidas na terceira época (Tabela 6).

Tabela 4. Dados médios de comprimento da haste principal (cm), diâmetro da haste (mm) e número de folhas (unidade) de plantas de crambe, em resposta a doses de K₂O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Épocas de colheita		Adubação (kg ha ⁻¹)					Médias
		0	15	30	60	90	
Comprimento haste principal (cm)							
1	Cultivo 1	61	56	56	54	62	58a
2		71	65	57	68	69	66a
3		64	65	65	65	56	63a
Médias		65	62	59	62	62	62
C.V. 1 (%)	17,56						
C.V. 2 (%)	18,54						
1	Cultivo 2	92	87	79	87	88	89a
2		91	86	76	83	87	85a
3		95	89	89	85	84	88a
Médias		92	87	81	85	90	87
C.V. 1 (%)	7,14						
C.V. 2 (%)	11,66						
Diâmetro da haste (mm)							
1	Cultivo 1	0,34	0,35	0,31	0,33	0,31	0,33a
2		0,42	0,34	0,30	0,40	0,36	0,36a
3		0,41	0,31	0,36	0,41	0,32	0,36a
Médias		0,39	0,33	0,33	0,38	0,33	0,35
C.V. 1 (%)	36,72						
C.V. 2 (%)	23,78						
1	Cultivo 2	5,21	5,14	4,49	4,36	5,43	4,93a
2		4,91	4,94	4,11	4,13	5,08	4,63a
3		5,67	4,79	4,55	4,36	4,79	4,83a
Médias		5,26	4,95	4,38	4,28	5,10	4,80
C.V. 1 (%)	15,22						
C.V. 2 (%)	15,49						
Número de folhas (un.)							
1	Cultivo 1	4	7	3	4	3	4a
2		4	2	5	5	5	4a
3		5	1	3	2	0	2a
Médias		4	3	3	4	3	3
C.V. 1 (%)	19,56						
C.V. 2 (%)	38,87						
1	Cultivo 2	7	18	9	12	13	12a
2		5	2	5	0	5	4b
3		0	0	0	0	0	0b
Médias		4	7	5	4	6	5
C.V. 1 (%)	45,55						
C.V. 2 (%)	72,49						

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Tabela 5. Dados médios de massa de matéria seca de folhas, ramos e parte aérea (g) de plantas de crambe, em resposta a doses de K₂O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Épocas		Adubação (kg ha ⁻¹)					Médias
		0	15	30	60	90	
		Massa seca folhas (g)					
1	Cultivo 1	0,08	0,08	0,07	0,06	0,08	0,08a
2		0,12	0,02	0,05	0,04	0,05	0,06ab
3		0,02	0,02	0,02	0,03	0,00	0,02b
Médias		0,08	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05
C.V. 1 (%)	20,04						
C.V. 2 (%)	36,20						
1	Cultivo 2	0,10	0,29	0,16	0,21	0,21	0,19a
2		0,03	0,02	0,11	0,00	0,05	0,04b
3		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00b
Médias		0,04	0,10	0,09	0,07	0,09	0,08
C.V. 1 (%)	25,32						
C.V. 2 (%)	44,10						
		Massa seca ramos (g)					
1	Cultivo 1	0,95	0,87	0,74	0,87	0,72	0,83a
2		1,47	1,02	0,67	1,28	1,14	1,12a
3		0,92	1,08	1,02	1,23	0,64	0,98a
Médias		1,11	0,99	0,81	1,12	0,83	0,97
C.V. 1 (%)	69,07						
C.V. 2 (%)	52,45						
1	Cultivo 2	2,79	2,95	2,11	2,02	3,72	2,72a
2		2,88	3,03	2,19	1,80	2,90	2,56a
3		4,80	2,89	3,34	2,17	2,46	3,13a
Médias		3,49	2,96	2,55	2,00	3,03	2,80
C.V. 1 (%)	0,71						
C.V. 2 (%)	0,73						
		Massa seca parte aérea (g)					
1	Cultivo 1	1,03	0,96	0,82	0,92	0,80	0,91a
2		1,60	1,04	0,72	1,32	1,19	1,17a
3		0,94	1,10	1,04	1,26	0,64	0,99a
Médias		1,19	1,03	0,86	1,17	0,87	1,02
C.V. 1 (%)	65,48						
C.V. 2 (%)	51,1						
1	Cultivo 2	2,89	3,24	2,27	2,23	3,93	2,91a
2		2,91	3,05	2,29	1,80	2,95	2,60a
3		4,80	2,89	3,34	2,17	2,46	3,13a
Médias		3,54	3,06	2,64	2,07	3,11	2,88
C.V. 1 (%)	1,36						
C.V. 2 (%)	1,52						

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Tabela 6. Dados médios do número de ramos primários, secundários, terciários (unidade) por planta de crambe, em resposta a doses de K₂O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Épocas		Adubação (kg ha ⁻¹)					Médias
		0	15	30	60	90	
Número ramos primários (un.)							
1	Cultivo 1	5	6	5	6	5	6a
2		8	6	5	7	5	6a
3		6	7	6	7	5	6a
Médias		6	6	5	7	5	6
C.V. 1 (%)	36,42						
C.V. 2 (%)	30,01						
1	Cultivo 2	10	8	8	8	10	9a
2		9	8	9	9	9	9a
3		11	9	10	9	8	10a
Médias		10	8	9	9	9	9
C.V. 1 (%)	12,91						
C.V. 2 (%)	14,48						
Número ramos secundários (un.)							
1	Cultivo 1	5	6	4	6	5	5a
2		9	7	4	9	6	7a
3		5	8	7	7	5	6a
Médias		6	7	5	7	5	6
C.V. 1 (%)	64,29						
C.V. 2 (%)	58,95						
1	Cultivo 2	14	15	13	13	14	14a
2		18	16	15	10	17	15a
3		13	17	17	11	13	14a
Médias		15	16	15	11	14	14
C.V. 1 (%)	33,31						
C.V. 2 (%)	31,91						
Número ramos terciários (un.)							
1	Cultivo 1	1	1	0	5	0	1b
2		5	3	2	5	2	3a
3		4	3	1	4	0	2ab
Médias		3	2	1	5	1	2
C.V. 1 (%)	42,27						
C.V. 2 (%)	24,60						
1	Cultivo 2	9	9	8	7	10	8a
2		8	8	4	5	7	7a
3		15	7	11	7	8	10a
Médias		11	8	7	6	9	8
C.V. 1 (%)	4,67						
C.V. 2 (%)	5,82						

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Nas Tabelas 4, 5, 6 e 7, foi constatado que em 2013, independente da época de colheita, os valores de comprimento e diâmetro da haste principal de plantas, número de folhas, massa de matéria seca de parte aérea, número de ramos primários, secundários, terciários e número total de ramos, não diferiram entre as doses de K₂O.

Independente das doses de K_2O , os valores de comprimento e diâmetro da haste principal de plantas, número de folhas, massa de matéria seca de parte aérea, número de ramos primários, secundários, terciários e número total de ramos, também não diferiram entre as épocas de colheita (Tabelas 4, 5, 6 e 7).

No cultivo em 2014, independente da época de colheita, os valores de diâmetro da haste principal, massa de matéria seca de parte aérea, número de ramos (primários, secundários, terciários e total), não diferiram entre as doses de K_2O , assim como, os valores de diâmetro da haste principal, massa de matéria seca de parte aérea, número de ramos primários, secundários, terciários e número total de ramos, independente das doses de K_2O , não diferiram entre as épocas de colheita (Tabelas 4, 5, 6 e 7).

Tabela 7. Dados médios do número total de ramos (unidade) por planta de crambe, em resposta a doses de K_2O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Épocas		Adubação ($kg\ ha^{-1}$)					Médias
		0	15	30	60	90	
1	Cultivo 1	10	11	7	11	7	9a
2		19	13	8	18	12	14a
3		11	14	12	14	7	12a
Médias		13	13	9	14	9	12
C.V. 1 (%)	24,31						
C.V. 2 (%)	17,19						
1	Cultivo 2	28	28	23	22	27	26a
2		34	31	27	20	31	29a
3		37	32	33	22	24	30a
Médias		33	30	28	22	27	28
C.V. 1 (%)	8,97						
C.V. 2 (%)	10,46						

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Em canola, Govahi e Saffari (2006) ao avaliar o efeito da adubação potássica (0, 60, 90 e 120 $kg\ ha^{-1}$) também não verificaram efeito do potássio no comprimento da haste principal e número de ramos primários e secundários das plantas. Freitas et al. (2013) avaliando o efeito de diferentes densidades de plantas (30 e 40 plantas m^{-2}) no desempenho de plantas de crambe, também observaram que não houve diferença significativa para comprimento da haste principal de plantas (em média 1,10m) e número de ramos por planta (em média 12 ramos), porém, a densidade de 40 plantas m^{-2} obteve 8,2g de massa seca de plantas enquanto que na densidade de 30 plantas m^{-2} foi de 7,2g.

Embora a massa de matéria seca da parte aérea não tenha diferido entre as épocas, foi observado que a segunda época de colheita também apresentou maior valor (Tabela 5). Estes resultados podem estar relacionados ao menor número final de plantas m^{-2} observado quando foi realizada a segunda colheita (Tabela 3). Assim, em população menor, houve uma tendência de mais massa de matéria seca da parte aérea e de folhas, além do menor número de folhas após as plantas atingirem a maturidade fisiológica. Santos et al. (2012) também não observaram efeito significativo das doses de K_2O (0 a 90 $kg\ ha^{-1}$), na massa de matéria seca da parte aérea das plantas de crambe, variando entre 8.400 a 10.750 $kg\ ha^{-1}$. Para os autores, possivelmente, a ausência de significância foi resultado da elevada concentração de potássio presente no solo (0,41 $cmol_c\ dm^{-3}$). Em canola, Govahi e Saffari (2006) também verificaram que o aumento das doses de K_2O (0 a 120 $kg\ ha^{-1}$) não alterou a massa de matéria seca de

parte aérea em plantas produzidas em solo que continha $0,54 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de potássio, no Kerman no Irã.

As plantas de crambe apresentaram, no cultivo em 2013, média de 62 cm de comprimento da haste principal, 0,35 mm de diâmetro da haste principal, 3 folhas, 0,97 g de massa de matéria seca de parte aérea, 6 ramos primários, 6 ramos secundários, 2 ramos terciários, 12 ramos no total (Tabelas 4, 5, 6 e 7). E em 2014, foi constatada média de 4,80 mm de diâmetro da haste principal, 2,80g de massa de matéria seca de parte aérea, 9 ramos primários, 14 ramos secundários, 8 ramos terciários e 28 ramos no total (Tabelas 4, 5, 6 e 7). Estes resultados, de 2013 e 2014, inferiores aos de Santos (2014), em Seropédica-RJ sob condições de 193 mm em 2010 e 279 mm em 2012 e densidade de plantas de 13 e 18 m^{-1} , respectivamente, provavelmente é devido a reduzida precipitação pluvial durante o ciclo, ou seja, abaixo da necessidade hídrica da cultura.

No cultivo em 2014, houve efeito significativo de doses de K_2O para comprimento da haste principal de plantas de crambe (Anexo 2). Freitas (2010) trabalhando com fertilizante em crambe nas doses de 0, 20, 40 e 60 kg ha^{-1} do formulado NPK 0-20-20 também encontrou influência da adubação no comprimento da haste principal de planta. O modelo quadrático se ajustou aos dados de comprimento da haste principal, em 2014, com redução do comprimento da haste principal de acordo com o aumento das doses de K_2O até a dose de 30 kg ha^{-1} , com posterior aumento (Figura 4).

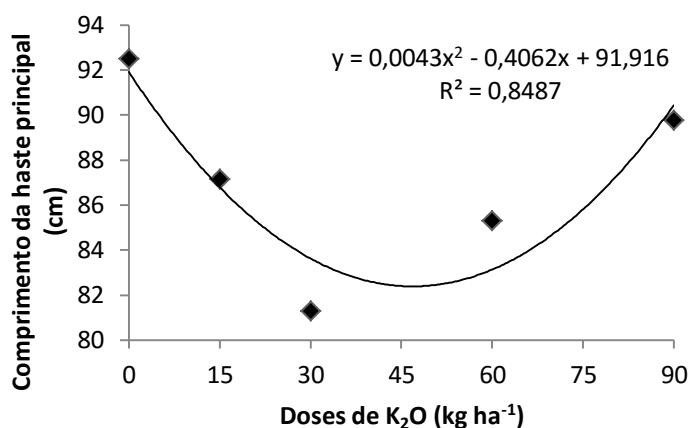


Figura 4. Comprimento da haste principal de plantas de crambe, em resposta a doses de K_2O aplicadas na semeadura, no cultivo 2 em 2014 (b).

Viana (2013) estudando o efeito de diferentes doses de adubação (0, 100, 200 e 300 kg ha^{-1} de NPK, na formulação 10-15-15) no comprimento da haste principal de plantas de crambe, ao longo do desenvolvimento até o florescimento pleno (12 semanas após a semeadura), observaram valor médio de 109,54 cm, sendo o maior comprimento da haste principal das plantas sob as maiores doses de fertilizante e, ocorrendo redução do comprimento da haste principal no florescimento pleno. Para os autores, esta diminuição do comprimento da haste principal das plantas, possivelmente foi causada pela ação do potássio, que acelerou a maturação das plantas (VIANA, 2013).

Em 2014, houve efeito significativo individual de épocas de colheita para número de folhas (Anexo 2), onde as plantas colhidas na primeira época apresentaram maior número de folhas (Tabela 4). Possivelmente, para este ano, o menor número de folhas nas plantas colhidas na segunda e terceira épocas é devido à abscisão foliar, que tem início após a maturação.

Na avaliação da massa de matéria seca das plantas no momento das colheitas, foi constatado em 2013 e em 2014, efeito significativo individual de épocas de colheita para

massa de matéria seca de folhas por planta de crambe (Anexo 2). Assim, independente da adubação potássica, em 2013 houve menor massa de matéria seca de folhas por planta de crambe proveniente da terceira colheita (103 DAS), embora o valor não tenha diferido significativamente do observado na segunda época de colheita (Tabela 5) E, em 2014, também as plantas provenientes da segunda e terceira épocas de colheita apresentaram menor massa de matéria seca de folhas (Tabela 5). Este resultado, nos dois anos de cultivo, pode estar relacionado à morte das plantas (Tabela 5).

3.3.4 Produtividade de sementes (kg ha⁻¹)

Quanto à produtividade de sementes (kg ha⁻¹), que leva em conta a população final de plantas e a produção de sementes por planta (g planta⁻¹) foi constatado que em 2013, não houve efeito de tratamentos (épocas de colheita e adubação potássica) para produtividade de sementes de crambe (Anexo 4). Já em 2014, houve efeito significativo individual para épocas de colheita para produtividade de sementes, independente da adubação potássica (Anexo 4), sendo que as plantas colhidas na primeira e na segunda época apresentaram maior produtividade de sementes do que as da terceira época de colheita (Tabela 8).

Estes resultados referentes à ausência de resposta do potássio na produtividade de sementes, observados em 2013, em solo que apresentava 0,26 cmol_c dm⁻³ de potássio, são semelhantes aos observados em crambe por Freitas (2010) em solo que continha 0,64 cmol_c dm⁻³ de potássio em Dourados-MS e, por Broch e Roscoe (2010) em Maracaju-MS em solo com 0,66 cmol_c dm⁻³ de potássio. Em 2014, quando o solo apresentava 0,09 cmol_c dm⁻³ de potássio, não houve resposta favorável da adubação potássica na produtividade de sementes, porém poderia ter havido de acordo com Rosolem e Steiner (2014), que relatam que o nível de suficiência de potássio para crambe é de 0,24 cmol_c dm⁻³. Também em canola, Rossetto et al. (1998) em solo com 0,09 cmol_c dm⁻³ de potássio, em Botucatu-SP, não observaram efeito da adubação potássica na produtividade de sementes.

Tabela 8. Dados médios de produtividade (kg ha⁻¹) de sementes de crambe, em resposta a doses de K₂O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Épocas		Adubação (kg ha ⁻¹)					Médias
		0	15	30	60	90	
		Produtividade (kg ha ⁻¹)					
1	Cultivo 1	413,95	265,14	287,44	263,25	315,24	309,00a
2		256,78	236,76	236,97	420,01	162,63	262,63a
3		214,02	304,13	202,18	258,95	195,70	235,00a
Médias		294,92	268,67	242,20	314,07	224,52	268,88
C.V. 1 (%)	47,44						
C.V. 2 (%)	56,56						
1	Cultivo 2	779,63	676,78	730,87	732,62	713,87	726,76a
2		761,05	713,05	769,83	584,54	830,56	731,80a
3		475,02	514,76	459,92	474,59	590,19	502,90b
Médias		671,90	634,86	653,54	597,25	711,54	653,82
C.V. 1 (%)	24,22						
C.V. 2 (%)	27,52						

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Assim, neste trabalho, em 2013, a ausência de resposta à adubação potássica em relação à produtividade de sementes pode estar associada ao “alto” nível de potássio no solo, conforme classificado por Freire et al. (2013). E, em 2014, a ausência de resposta à adubação potássica, mesmo em solo com “baixo” teor de potássio (Freire et al., 2013) pode estar relacionada a temperatura acima de 25°C durante quatro dias na fase do florescimento (Figura 3), pois elevada temperatura causa aborto de flores e siliquis em início de formação e, consequentemente reduz a produção por planta, conforme Souza et al. (2010). Para Knights (2002) o crambe tem preferência de temperatura entre 15 e 25°C durante o período vegetativo, porém tolera temperaturas mais elevadas, exceto no florescimento.

3.3.5 Produção de sementes por planta e seus componentes de produção

Na avaliação da quantidade de sementes produzida por planta de crambe (g planta^{-1}), foi verificado em 2013, que houve interação significativa entre épocas de colheita e doses de K_2O para produção de sementes (Anexo 4), onde a segunda época de colheita propiciou maior produção tanto sob 60 $\text{kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$, como sob 90 $\text{kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$, bem como na ausência da adubação potássica, embora estes valores não tenham sido diferentes estatisticamente do valor observado em outras colheitas (Tabela 9). Além disto, na segunda época de colheita foi constatada menor população final de plantas, o que pode ter favorecido a maior produção de sementes por planta, pois as plantas tiveram maior espaço para crescer e se desenvolver.

O modelo linear se ajustou aos dados de produção de sementes por planta, em 2013, das sementes colhidas na primeira época, com redução da produção de sementes de acordo com o aumento da dose de K_2O (Figura 5a), provavelmente devido à acentuada deiscência natural das siliquis no momento da colheita, embora estas estivessem ainda na proporção de 50% com coloração marrom. No momento da segunda colheita, as siliquis que se apresentavam com a coloração verde por ocasião da primeira colheita, atingiram a maturidade fisiológica das sementes e não houve tempo para a deiscência natural, de forma que os valores são maiores de produção de sementes por planta. Nenhum dos modelos testados se ajustou aos dados das sementes colhidas na segunda e terceira épocas de colheita, em 2013, (Figura 5a).

Em 2014, também houve interação significativa entre épocas de colheita e doses de K_2O para produção de sementes por planta de crambe (g planta^{-1}) (Anexo 4), onde a primeira época de colheita proporcionou maior produção de sementes sob a dose de 90 $\text{kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$ embora o valor não tenha diferido estatisticamente do valor observado na segunda época de colheita (Tabela 9). Os resultados podem estar relacionados à deiscência natural no campo, sendo esta mais intensa na terceira colheita. O modelo linear se ajustou aos dados da primeira e terceira épocas de colheita, com aumento da produção de sementes de acordo com o aumento das doses de K_2O para as plantas da primeira época de colheita e, redução da produção com o aumento das doses de K_2O para as plantas da terceira época de colheita (Figura 5b), sendo este resultado semelhante ao observado para a primeira colheita em 2013. Nenhum dos modelos testados se ajustou aos dados das sementes colhidas na segunda época de colheita, em 2014 (Figura 5b).

Tabela 9. Dados médios de produção (g planta⁻¹), número de sementes total (unidade) e massa de 100 sementes (g) por planta de crambe, em resposta a doses de K₂O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Épocas		Adubação (kg ha ⁻¹)					Médias
		0	15	30	60	90	
		Produção (g planta ⁻¹)					
1	Cultivo 1	1,3448ab	1,1152a	0,4909a	0,6875b	0,5329b	0,8343
2		1,6331a	0,8111a	0,8048a	1,8548a	1,2813a	1,2770
3		0,8559b	0,7157a	0,8946a	0,6512b	0,7293ab	0,7693
Médias		1,2779	0,8807	0,7301	1,0645	0,8478	0,9602
C.V. 1 (%)	21,62						
C.V. 2 (%)	14,68						
1	Cultivo 2	2,2197a	1,7493a	1,1920a	1,9236a	3,0544a	2,0278
2		2,1577a	1,9878a	1,9016a	1,3265a	2,3788ab	1,9505
3		3,3318a	1,7717a	2,2468a	1,5245a	1,4637b	2,0677
Médias		2,5697	1,8363	1,7801	1,5915	2,2990	2,0153
C.V. 1 (%)	0,99						
C.V. 2 (%)	1,16						
		Número de sementes total (un.)					
1	Cultivo 1	182	177	132	191	126	161a
2		243	173	121	205	176	184a
3		143	189	158	196	122	162a
Médias		189	180	137	197	141	169
C.V. 1 (%)	71,17						
C.V. 2 (%)	48,07						
1	Cultivo 2	346ab	267a	195a	313a	494a	323
2		322b	302a	284a	220a	346ab	295
3		524a	277a	331a	227a	277b	327
Médias		397	282	270	253	372	315
C.V. 1 (%)	7,51						
C.V. 2 (%)	8,41						
		Massa 100 sementes					
1	Cultivo 1	1,4068	0,6441	0,3962	0,3362	0,4062	0,6379a
2		0,7211	0,5631	0,7167	1,2375	0,8185	0,8114a
3		0,6000	0,4031	0,6268	0,4058	0,6302	0,5332a
Médias		0,9093	0,5368	0,5799	0,6598	0,6183	0,6608
C.V. 1 (%)	26,74						
C.V. 2 (%)	35,45						
1	Cultivo 2	0,6459a	0,6564a	0,6047a	0,6219a	0,6174ab	0,6293
2		0,6673a	0,6584a	0,6697a	0,6035a	0,6898a	0,6577
3		0,6310a	0,6457a	0,6808a	0,6664a	0,5327b	0,6313
Médias		0,6481	0,6535	0,6517	0,6306	0,6133	0,6394
C.V. 1 (%)	16,12						
C.V. 2 (%)	14,34						

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

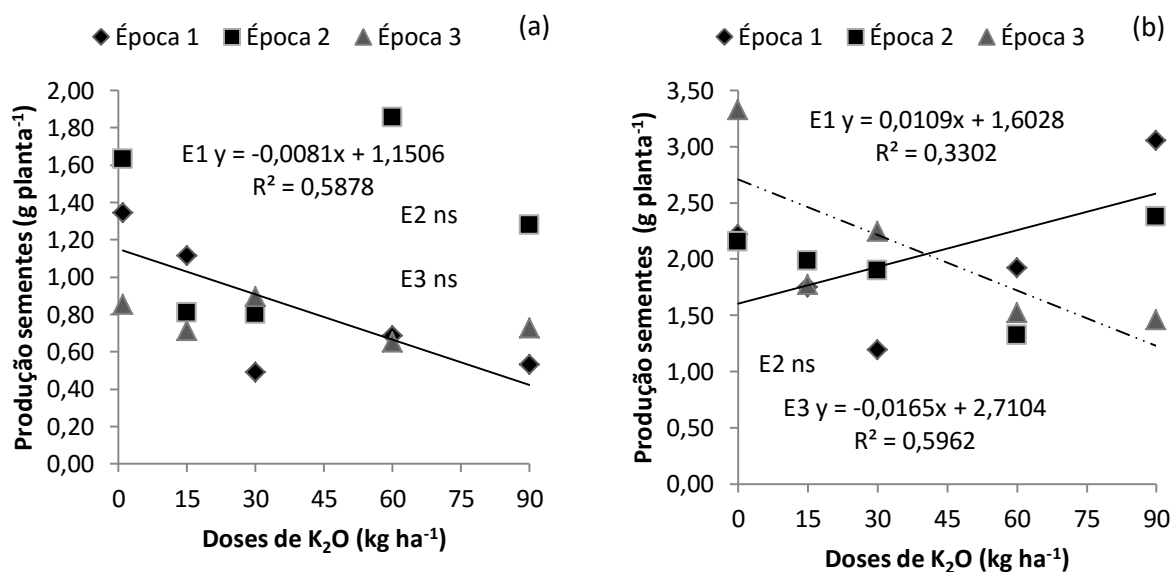


Figura 5. Produção de sementes por planta de crambe, em resposta a doses de K₂O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 em 2013 (a) e cultivo 2 em 2014 (b).

Assim, provavelmente, o aumento das doses de K₂O estimulou a maturação das sementes diminuindo a produção de sementes mal formadas (MALAVOLTA, 1989), além de favorecer o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas através das funções desempenhadas por este nutriente, como em processos osmóticos, na síntese de proteínas, na abertura e fechamento estomático, na permeabilidade da membrana e no controle de pH (SANTOS et al., 2012). Para o crescimento celular é necessário que ocorra um afrouxamento da parede celular, que pode ocorrer devido a ação do AIA (Ácido Indol Acético) através da acidificação da parede celular e, para que este crescimento tenha continuidade ocorre uma elevação da absorção de solutos osmóticos (potássio), que irá causar diminuição do potencial osmótico e gerar um aumento da absorção de água e, conseqüentemente, da pressão de turgor (KERBAUY, 2004).

Santos et al. (2012) também relataram que o potássio favorece o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas através das funções desempenhadas por este nutriente, como em processos osmóticos, na síntese de proteínas, na abertura e fechamento estomático, na permeabilidade da membrana e no controle de pH. Em canola, Rossetto et al. (1997) também observaram que a adição de potássio estimulou a maturação, com redução do ciclo da cultura.

Em relação aos componentes de produção, em 2013, foi constatado que não houve efeito significativo de tratamentos (épocas de colheita e doses de K₂O) para número de sementes total e para massa de 100 sementes (Anexo 4). Este resultado foi semelhante ao de produtividade de sementes (Anexo 4). Freitas (2010) em solo com 0,64 cmol_c dm⁻³ de potássio, também não observaram efeito significativo das doses de K₂O no número de síliquas por planta de crambe e para produtividade de sementes. Assim, em 2013, independente da época de colheita os valores de número de sementes total e massa de 100 sementes não diferiram entre as doses de K₂O, bem como, independente das doses de K₂O, os valores de não diferiram entre as épocas de colheita (Tabela 9).

Em 2014, houve interação significativa entre épocas de colheita e doses de K₂O para número de sementes por planta e para massa de 100 sementes (Anexo 4). As plantas colhidas na primeira época de colheita (88 DAS) sob 90 kg K₂O ha⁻¹ apresentaram maior número de

sementes por planta, porém o valor não diferiu estatisticamente da segunda época de colheita (Tabela 9). Este resultado é semelhante, ao de produção de sementes por planta (Tabela 9).

Quanto à massa de 100 sementes, em 2014, foi observada maior valor na segunda colheita quando foi realizada a aplicação de 90 kg K₂O ha⁻¹, porém o valor não diferiu estatisticamente da primeira época de colheita (Tabela 9). Assim em 2014, houve resposta da adubação potássica em relação ao número de sementes por planta assim como para produção de sementes e para produção de sementes por planta provenientes da primeira e segunda épocas de colheita, em solo com 0,09 cmol_c dm⁻³ de potássio, embora não tenha favorecido a produtividade de sementes (Tabela 8). Provavelmente, a elevada massa de 100 sementes e o maior número total de sementes, na primeira época de colheita em 2014, propiciando maior produção por planta, é devido a maior quantidade de fotoassimilados recebidos por estas plantas.

Em relação aos dados obtidos, em 2014, o modelo quadrático se ajustou aos dados de número de sementes por planta na primeira e terceira épocas de colheita, com redução do número de sementes até a dose 30 kg K₂O ha⁻¹, e posterior aumento (Figura 6a). Nenhum dos modelos testados se ajustou aos dados das sementes colhidas na segunda época, em 2014 (Figura 6a). O modelo quadrático se ajustou aos dados de massa de 100 sementes da terceira época de colheita, no cultivo em 2014, com acréscimo da massa até a dose 30 kg K₂O ha⁻¹, seguido de declínio com o aumento das doses de K₂O (Figura 6b). Nenhum dos modelos testados se ajustou aos dados das sementes colhidas na primeira e segunda épocas de colheita, em 2014 (Figura 6b).

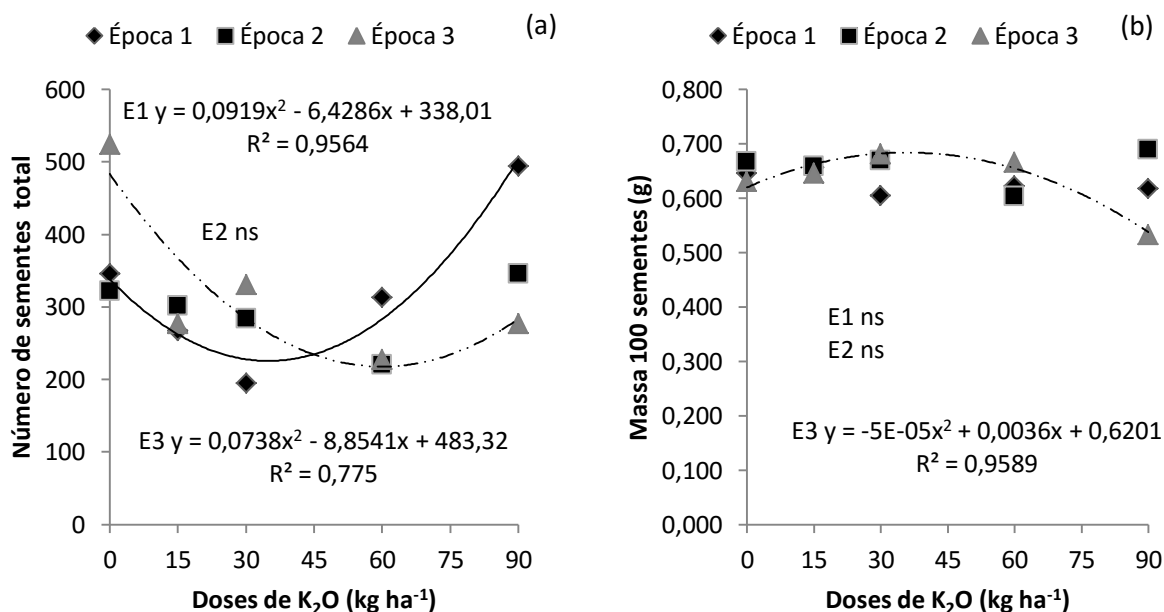


Figura 6. Número de sementes total (a) e massa de 100 sementes (b) por planta de cranberry, em resposta a doses de K₂O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 2 (2014).

Comparando numericamente, a produção de sementes de cranberry observada neste trabalho foi inferior à obtida por Santos (2010), ou seja, inferior a 2,79 g planta⁻¹ em 2010 e 2,41 g planta⁻¹ em 2012 em Seropédica-RJ, em solos que apresentavam 0,01 cmol_c dm⁻³ de potássio, em área sem resíduos de girassol e que aos 30 DAS tinha sido submetida a adubação de cobertura com 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio (45% de N) na forma de ureia com base em Laghetti et al. (1995), assim como também constatado para produtividade de sementes.

Ferreira e Silva (2011) ao estudar a produção de sementes de crambe em Rondonópolis- MT em solo que apresentava $0,17 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ de potássio e adubação de 200 kg ha^{-1} de NPK (formulação 4-14-8), observaram produção de 160,84 sementes por planta ($0,965 \text{ g planta}^{-1}$). Para os autores, a produção está abaixo da média devido a um déficit hídrico ocorrido em abril e maio (período de crescimento vegetativo), que causou uma redução no desenvolvimento vegetativo das plantas.

3.3.6 Avaliação da produção por planta através de seus componentes de produção, considerando as partes da planta

Separando as plantas por partes, foi avaliada a produção e o número de sementes na haste principal e por ramos (primários, secundários e terciários). Para produção de sementes na haste principal, em 2013, houve efeito significativo da interação entre épocas de colheita e doses de K_2O para (Anexo 5), onde as plantas colhidas na segunda época de colheita de plantas adubadas com $60 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$ apresentaram maior produção de sementes na haste principal, porém não diferiu estatisticamente da primeira e segunda épocas de colheita (Tabela 10). Este resultado favorável da segunda colheita, provavelmente, pode ser devido a maior massa de matéria seca da parte aérea, nesta época (Tabela 5).

Esta resposta na haste principal pode ser devida ao fato do crambe ser uma planta de porte herbáceo, que de acordo com Desai (2004) possui início da ramificação da haste principal junto ao solo e formação dos ramos primários, seguida da ramificação destes ramos em ramos secundários e, destes em ramos terciários Assim, sendo uma planta de florescimento indeterminado, as primeiras flores formadas foram aquelas que estão presente na haste principal e, portanto as primeiras sementes produzidas, e estas sementes recebem maior quantidade de fotoassimilados durante sua formação, apresentando maior massa, como observado por Bennett et al. (2011).

Ainda em 2013, foi constatado que não houve efeito de tratamentos (épocas de colheita e doses de K_2O) para produção de sementes por ramos (primários, secundários e terciários) (Anexo 5) e, para número de sementes na haste principal e ramos (primários, secundários e terciários) (Anexo 6) (Tabelas 10, 11 e 12). Este resultado foi semelhante ao observado número de ramos (primários, secundários, terciários e total), número de sementes por planta e massa de 100 sementes (Tabelas 3 e 4), podendo estar relacionado ao teor de potássio no solo que era de $0,26 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$. Também Freitas (2010), em solo com $0,64 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ de potássio, observaram que o número de ramos por planta de crambe não diferiu estatisticamente em função das doses de K_2O . Em canola, Govahi e Saffari (2006) ao avaliar o efeito da adubação potássica (0, 60, 90 e 120 kg ha^{-1}), em solo que apresentava $0,54 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ de potássio, também verificaram que não houve efeito do potássio no número de ramos primários e secundários das plantas.

Assim, independente da época de colheita, os valores de produção de sementes por ramos (primários, secundários e terciários) e, para número de sementes na haste principal e ramos (primários, secundários e terciários), não diferiram entre as doses de K_2O . E, independente das doses de K_2O , os valores de produção de sementes por ramos (primários, secundários e terciários) e, para número de sementes na haste principal e ramos (primários, secundários e terciários), também não diferiram entre as épocas de colheita (Tabelas 10, 11 e 12).

Tabela 10. Dados médios de produção de sementes da haste principal e dos ramos primários e secundários (g planta⁻¹) por planta de crambe, em resposta a doses de K₂O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Épocas		Adubação (kg ha ⁻¹)					Médias
		0	15	30	60	90	
Haste principal (g planta ⁻¹)							
1	Cultivo 1	0,258b	0,255a	0,204a	0,195a	0,187b	0,220
2		0,300a	0,278a	0,256a	0,463a	0,263a	0,312
3		0,136c	0,120b	0,171b	0,115a	0,194b	0,147
Médias		0,231	0,218	0,210	0,258	0,214	0,226
C.V. 1 (%)	31,16						
C.V. 2 (%)	25,51						
1	Cultivo 2	0,229a	0,195a	0,129b	0,226a	0,333a	0,222
2		0,180a	0,182a	0,222ab	0,177a	0,271a	0,206
3		0,182a	0,179a	0,279a	0,232a	0,147b	0,204
Médias		0,197	0,185	0,210	0,212	0,250	0,211
C.V. 1 (%)	8,08						
C.V. 2 (%)	6,76						
Ramos primários (g planta ⁻¹)							
1	Cultivo 1	0,772	0,807	0,547	0,605	0,487	0,644a
2		0,869	0,652	0,509	0,643	0,599	0,654a
3		0,460	0,436	0,529	0,548	0,476	0,490a
Médias		0,701	0,631	0,528	0,599	0,520	0,596
C.V. 1 (%)	60,14						
C.V. 2 (%)	43,71						
1	Cultivo 2	1,022a	0,741a	0,520a	0,905a	1,459a	0,929
2		0,969a	0,754a	0,885a	0,708a	1,002b	0,864
3		1,198a	0,762a	0,844a	0,707a	0,653b	0,833
Médias		1,063	0,752	0,749	0,773	1,038	0,875
C.V. 1 (%)	24,26						
C.V. 2 (%)	21,91						
Ramos secundários (g planta ⁻¹)							
1	Cultivo 1	0,450	0,518	0,244	0,408	0,156	0,355a
2		0,489	0,427	0,118	0,326	0,339	0,340a
3		0,228	0,240	0,228	0,268	0,170	0,227a
Médias		0,389	0,395	0,197	0,334	0,222	0,307
C.V. 1 (%)	95,02						
C.V. 2 (%)	61,09						
1	Cultivo 2	0,858	0,675	0,553	0,776	1,069	0,786a
2		0,849	0,798	0,727	0,417	0,946	0,748a
3		1,412	0,654	0,860	0,488	0,522	0,787a
Médias		1,040	0,709	0,713	0,560	0,846	0,774
C.V. 1 (%)	12,32						
C.V. 2 (%)	16,16						

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Tabela 11. Dados médios de número de sementes da haste principal e dos ramos primários e secundários (unidade) por planta de crambe, em resposta a doses de K₂O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Épocas		Adubação					Médias
		0	15	30	60	90	
		Haste principal (un.)					
1	Cultivo 1	23	22	23	20	25	23a
2		24	22	21	22	27	23a
3		21	22	20	20	21	21a
	Médias	23	22	21	21	24	22
	C.V. 1 (%)	26,93					
	C.V. 2 (%)	18,36					
1	Cultivo 2	29	24	16	29	42	28a
2		23	24	18	23	32	26a
3		25	23	25	25	19	23a
	Médias	25	24	23	25	31	26
	C.V. 1 (%)	20,89					
	C.V. 2 (%)	20,34					
		Ramos primários (un.)					
1	Cultivo 1	86	89	76	89	75	83a
2		121	85	65	84	86	88a
3		75	90	80	89	63	79a
	Médias	94	88	74	88	74	83
	C.V. 1 (%)	59,96					
	C.V. 2 (%)	41,28					
1	Cultivo 2	146a	106a	74a	131a	208a	133
2		141a	112a	127a	106a	143b	126
3		178a	113a	117a	101a	100b	122
	Médias	155	110	106	113	150	127
	C.V. 1 (%)	23,68					
	C.V. 2 (%)	20,92					
		Ramos secundários (un.)					
1	Cultivo 1	44	62	33	46	26	42a
2		78	47	31	66	52	55a
3		31	63	51	55	39	48a
	Médias	51	57	38	55	39	48
	C.V. 1 (%)	92,41					
	C.V. 2 (%)	68,66					
1	Cultivo 2	123	96	73	114	153	112a
2		124	121	104	67	135	110a
3		212	101	132	70	85	120a
	Médias	153	106	103	84	124	114
	C.V. 1 (%)	28,38					
	C.V. 2 (%)	42,60					

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

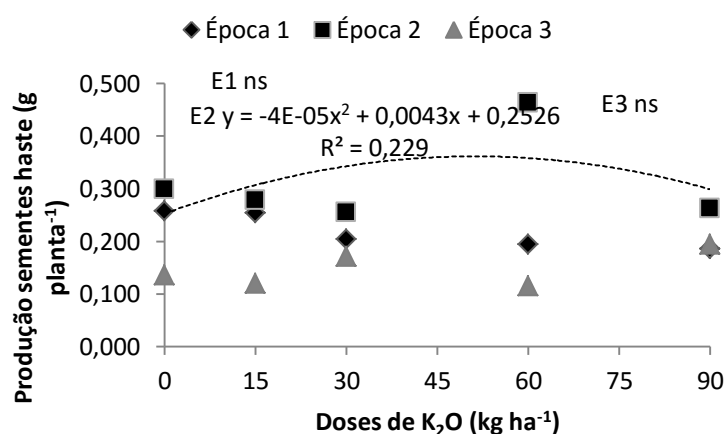


Figura 7. Produção de sementes da haste principal por planta de crambe, em resposta a doses de K_2O e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013).

Tabela 12. Dados médios de produção ($g\ planta^{-1}$) e número de sementes dos ramos terciários (unidade) por planta de crambe, em resposta a doses de K_2O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Épocas	Adubação ($kg\ ha^{-1}$)					Médias	
	0	15	30	60	90		
Produção ramos terciários ($g\ planta^{-1}$)							
1	Cultivo 1	0,272	0,086	0,000	0,256	0,000	0,123a
2		0,151	0,072	0,006	0,191	0,082	0,101a
3		0,092	0,057	0,006	0,135	0,000	0,058a
Médias		0,172	0,072	0,004	0,194	0,027	0,094
C.V. 1 (%)	63,92						
C.V. 2 (%)	35,01						
1	Cultivo 2	0,339	0,282	0,222	0,281	0,638	0,352a
2		0,211	0,338	0,173	0,082	0,239	0,209b
3		0,781	0,274	0,472	0,317	0,438a	0,456a
Médias		0,444	0,298	0,289	0,227	0,438	0,339
C.V. 1 (%)	17,13						
C.V. 2 (%)	20,15						
Número sementes ramos terciários (un.)							
1	Cultivo 1	29	5	0	35	0	14a
2		21	18	4	34	10	17a
3		15	14	7	32	0	14a
Médias		22	12	4	34	3	15
C.V. 1 (%)	165,87						
C.V. 2 (%)	133,26						
1	Cultivo 2	48	40	32	40	91	50ab
2		34	46	25	24	36	33b
3		109	40	57	31	74	62a
Médias		64	42	38	32	67	48
C.V. 1 (%)	21,58						
C.V. 2 (%)	22,94						

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Em 2014, houve efeito significativo da interação entre épocas de colheita e doses de K_2O para produção de sementes na haste principal e nos ramos primários, efeito significativo de épocas de colheita, independente das doses de K_2O , para produção de sementes nos ramos terciários e, efeito significativo das doses de K_2O , independente das épocas de colheita, para produção de sementes nos ramos secundários (Anexo 5). Para número de sementes, em 2014, não houve efeito de tratamentos (épocas de colheita e doses de K_2O) para número de sementes na haste principal, porém, houve efeito significativo da interação entre épocas de colheita e doses de K_2O para número de sementes nos ramos primários, efeito significativo individual de doses de K_2O para número de sementes nos ramos secundários e, efeito significativo individual de épocas de colheita para número de sementes nos ramos terciários (Anexo 6).

Para produção de sementes na haste principal, em 2014, as plantas colhidas na primeira e na segunda época de colheita adubadas com 90 kg ha^{-1} , apresentaram maior produção na haste principal (Tabela 10). O modelo linear se ajustou aos dados da primeira época de colheita, com aumento da produção de acordo com o aumento das doses de K_2O e, o modelo quadrático se ajustou aos dados da terceira época de colheita, com acréscimo da produção até a dose $30 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ e, conseqüente decréscimo em função da elevação das doses de K_2O (Figura 8a). Este modelo, da primeira colheita, é semelhante ao modelo para produção de sementes por planta (Figura 5b) e, o modelo da terceira colheita é semelhante ao modelo de massa de 100 sementes (Figura 6b).

Em relação à produção nos ramos por planta em 2014, tem-se que para produção de sementes nos ramos primários foi observado maior produção em plantas colhidas na primeira época de colheita e adubadas com $90 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$ (Tabela 10). O modelo linear se ajustou aos dados da primeira e terceira épocas de colheita, em 2014, com aumento da produção de sementes com o acréscimo das doses de K_2O para as plantas da primeira época de colheita e, redução da produção com o aumento das doses de K_2O para as plantas da terceira época de colheita (Figura 8b). Estes modelos são semelhantes ao observado para produção de sementes por planta (Figura 5b) e, parcialmente, com o modelo da produção de sementes na haste principal na primeira época de colheita, pois para terceira época de colheita os dados se ajustaram a equação quadrática (Figura 8a).

Em relação à produção nos ramos secundários, em 2014, o modelo quadrático se ajustou aos dados, com redução da produção de acordo com o aumento das doses de K_2O até a dose de 60 kg ha^{-1} , e posterior elevação (Figura 8c). Independente das doses de K_2O , os valores de produção de sementes por ramos secundários, não diferiram entre as épocas de colheita (Tabela 10).

Quanto aos ramos terciários, em 2014, as plantas colhidas na terceira época de colheita apresentaram maior produção, embora não tenha diferido estatisticamente da primeira época de colheita (Tabela 12).

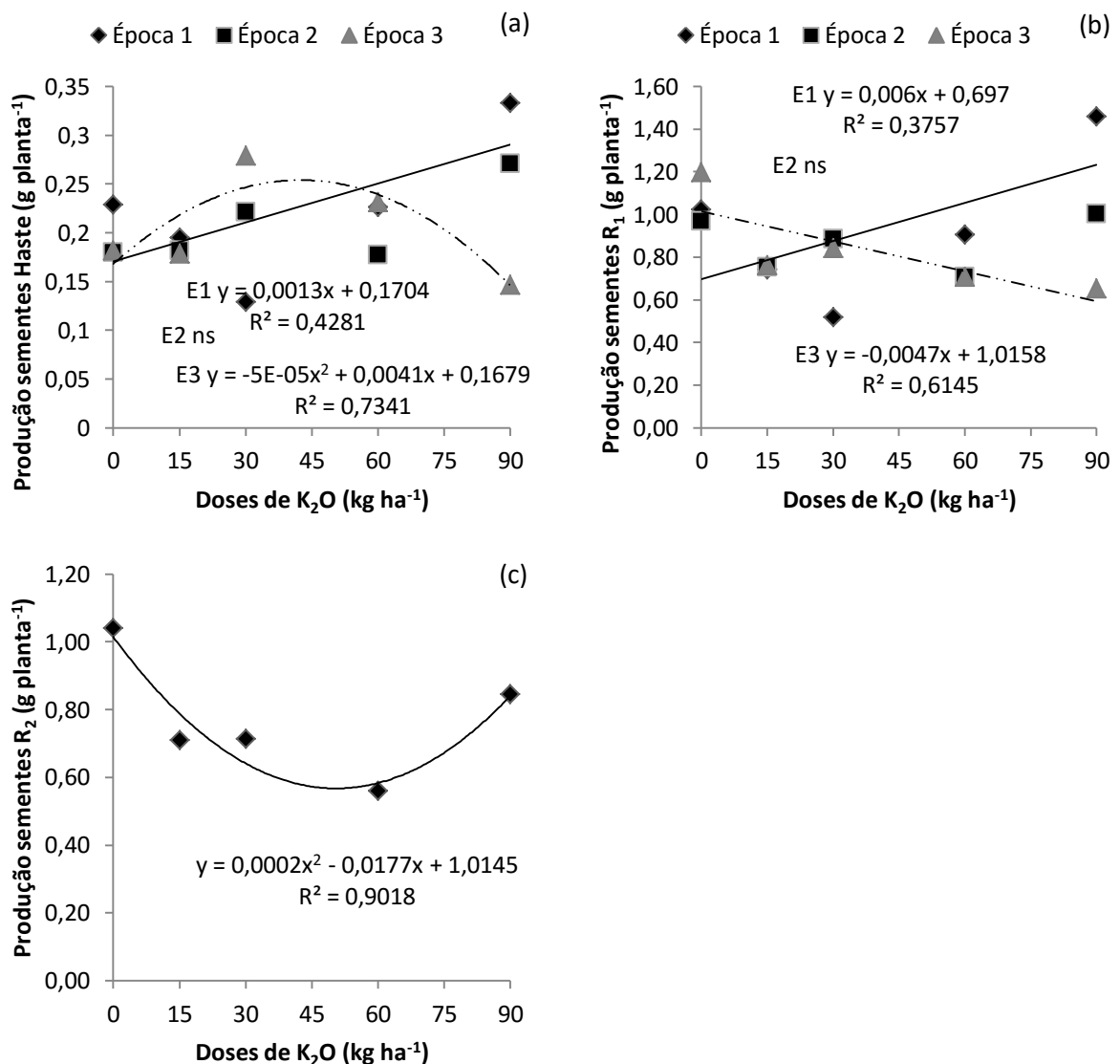


Figura 8. Produção de sementes da haste principal (a) e dos ramos primários (b) por planta de crambe, em resposta a doses de K₂O e de épocas de colheita e, produção de sementes nos ramos secundários (c) por planta de crambe, em resposta a doses de K₂O, no cultivo 2 (2014).

Provavelmente, a maior produção de sementes na haste principal, ramos primários e terciários de plantas colhidas na primeira época de colheita e adubadas com 90 kg de K₂O ha⁻¹, em 2014, deve-se à maior massa de matéria seca da parte aérea e de folhas observados nestes ramos e pela ação do potássio, estimulando a maturação das sementes e diminuindo a produção de sementes mal formadas (MALAVOLTA, 1989). A maior concentração de potássio disponível para a planta maximiza seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (SANTOS et al., 2012).

Em 2014, independente da época de colheita, o número de sementes na haste principal não diferiu entre as doses de K₂O (Tabela 11). Independente das doses de K₂O, o número de sementes na haste principal, em 2014, não diferiu entre as épocas de colheita (Tabela 11). O maior número de sementes nos ramos primários foi verificado nas plantas colhidas na primeira época de colheita adubadas com 90 kg de K₂O ha⁻¹ (Tabela 11). O modelo linear se ajustou aos dados de número de sementes nos ramos primários das plantas colhidas na primeira e terceira épocas de colheita, com acréscimo do número de sementes de acordo com

o aumento das doses de K_2O na primeira colheita e, redução do número de sementes com o aumento das doses de K_2O para as plantas da terceira época de colheita (Figura 9a).

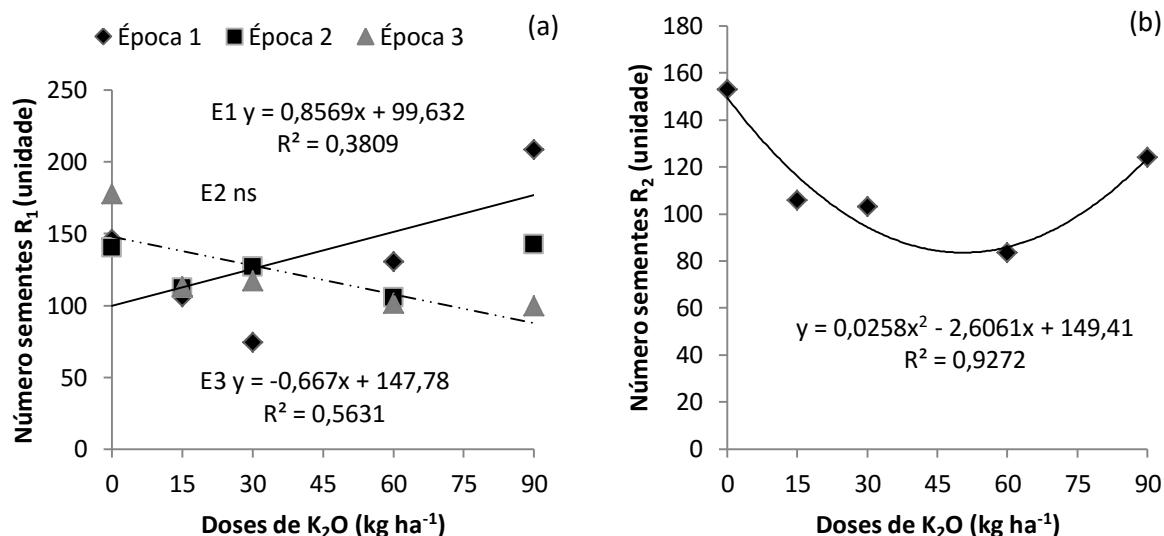


Figura 9. Número de sementes nos ramos primários (a), por planta de sementes de crambe, em resposta a doses de K_2O e de épocas de colheita e, número de sementes nos ramos secundários (b), por planta de crambe, em resposta a doses de K_2O , no cultivo 2 (2014).

Estes modelos são semelhantes aos modelos observados para produção de sementes por planta (Figura 5b) e produção de sementes nos ramos primários (Figura 8b) e, parcialmente, com o modelo da primeira época de colheita para produção de sementes na haste principal (Figura 8a), pois para terceira época de colheita os dados se ajustaram a equação quadrática.

Ainda em 2014, em relação ao número de sementes nos ramos secundários, o modelo quadrático se ajustou aos dados, com diminuição do número de sementes até a dose de $30\ kg\ ha^{-1}$, com posterior elevação (Figura 9b). Este resultado é semelhante ao observado para produção de sementes nos ramos secundários (Figura 8c) e comprimento da haste principal (Figura 4). Independente das doses de K_2O , os valores de número de sementes por ramos secundários, não diferiram entre as épocas de colheita (Tabela 11).

Já, para número de sementes nos ramos terciários, as plantas colhidas na terceira época de colheita apresentaram maior número de sementes, embora não tenha diferido estatisticamente das plantas colhidas na primeira época de colheita (Tabela 12). Assim, em 2014, os resultados na primeira época de colheita de produção de sementes na haste principal e ramos (primários e terciários) e de números de sementes nos ramos primários são semelhantes aos observados para produção de sementes por planta (Tabelas 10, 11 e 12).

3.4 CONCLUSÕES

Em 2013, a adubação potássica e a época de colheita não favorecem a massa de matéria seca de parte aérea, o número de ramos por planta, o número de sementes por planta a massa de 100 sementes, bem como a produtividade de sementes (kg ha^{-1}).

Em 2014, as plantas adubadas com 90 kg ha^{-1} e colhidas na primeira e segunda época, aos 88 e 95 dias após a semeadura (DAS) apresentam maior número e produção de sementes por planta (g planta^{-1}), bem como maior massa de 100 sementes (g).

A contribuição da produção de sementes da haste principal foi maior quando a colheita foi realizada aos 85 DAS em 2013 e, aos 88 e 95 DAS em 2014, obtidas com a dose de $90 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁVILA, M.R.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; ALBRECHT, L.P. Adubação potássica em canola e seu efeito no rendimento e na qualidade fisiológica e sanitária das sementes. **Acta Scientiarum**, v.26, n.4, p.475-481, 2004.
- BENNETT, E. J.; ROBERTS, J. A.; WAGSTAFF, C. The role of the pod in seed development: strategies for manipulating yield. **New Phytologist**, v.190, p.838-853, 2011.
- BROCH, D.L.; ROSCOE, R. Fertilidade do solo, adubação e nutrição do crambe. In: PITOL, C.; BROCH, D.L.; ROSCOE, R. **Tecnologia e Produção: Crambe 2010**. Fundação MS, 2010.60p.
- DESAI, B. B. **Seeds handbook: biology, production processing and storage**. 2. Ed. New York: Marcel Dekker, 2004. 787p.
- ENDRES, G.; SCHATZ, B. **Crambe Production**. North Dakota State University, 1993.
- FERREIRA, F.M.; SILVA, A.R.B. Produtividade de grãos e teor de óleo da cultura do crambe sob diferentes sistemas de manejo de solo em Rondonópolis-MT. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.12, p.1-11, 2011.
- FONTANA, F.; LAZZERI, L.; MALAGUTI, L.; GALLETI, S. Agronomic characterization of some *Crambe abyssinica* genotypes in a locality of the Po Valley. **European Journal of Agronomy**, v.9, p.117-126, 1998.
- FREIRE, L.R.; BALIEIRO, F.C.; ZONTA, E.; ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; LIMA, E.; GUERRA, J.G.M.; FERREIRA, M.B.C.; LEAL, M.A.A.; CAMPOS, D.V.B.; POLIDORO, J.C. **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, DF: Embrapa; Seropédica, RJ: Editora Universidade Rural, 2013. 430p.
- FREITAS, M.E.; SOUZA, L.C.F.; TANAKA, K.S.; MAKINO, P.A.; RECH, J.; BOTTEGA, S.P.; NUNES, M.F. Espaçamento e densidade de plantas no desempenho agrônomo da cultura do crambe. **Magistra**, v.25, n.3/4, p.175-181, 2013.
- FREITAS, M.E. Comportamento agrônomo da cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst) em função do manejo empregado, 2010. 50p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2010.
- GOVAHI, M.; SAFFARI, M. Effect of potassium and sulphur fertilizers on yield, yield components and seed quality of spring canola (*Brassica napus* L.) seed. **Journal of Agronomy**, v.5, n.4, p.577-582, 2006.
- KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. Guanabara Koogan, 2004. 452p.
- KHAN, H.Z.; MALIK, M.A.; SALEEM, M.; AZIZ, I. Effect of different potassium fertilization levels on growth, seed yield and oil contents of canola (*Brassica napus* L.). **International Journal of Agriculture & Biology**, v.6, n.3, p.557-559, 2004.
- KINPARA, D.I. **Importância estratégica do potássio para o Brasil**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Documentos 100, 2003. 24p.
- KMEC, P.; WEISS, M.J.; MILBRATH, L.R.; HANZEL, J.; HANSON, B.K.; ERIKSMOEN, E.D. Growth analysis of crambe. **Crop Science**, n.38, p.108-112, 1998.
- KNIGHTS, E. G. **Crambe: A North Dakota case study**. Dakota, v. 02/005, 2002. 25p.
- LAGHETTI, G.; PIERGIOVANNI, A. R.; PERRINO, P. Yield and oil quality in selected lines of *Crambe abyssinica* Hochst. ex R.E. Fries and *C. hispanica* L. grown in Italy. **Industrial Crops and Products**, v.4, n.3, p.203-212, 1995.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- MOZAFFARI, S.N.; DELKHOSH, B.; RAD, A.S. Effect of nitrogen and potassium levels on yield and some of the agronomical characteristics in mustard (*Brassica juncea*). **Indian Journal of Science and Technology**, v.5, n.2, p.2051-2054, 2012.

OPLINGER, E.S.; OELKE, E.A.; KAMINSKI, A.R.; PUTNAM, D.H.; TEYNOR, T.M.; DOLL, J.D.; KELLING, K.A.; DURGAN, B.R.; NOETZEL, D.M. **Crambe, Alternative Field Crops Manual**. 2000.

PITOL, C.; BROCH, D.L.; ROSCOE, R. **Tecnologia e Produção: Crambe 2010**. Fundação MS, 2010. 60p.

PITOL, C. **Cultura do Crambe**. In: Fundação MS. Tecnologia e Produção: milho safrinha e culturas de inverno. Maracaju, MS, 2008. p. 85-88.

RAMOS, D.P.; CASTRO, A.F.; CAMARGO, M.N. Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.8, p.1-27, 1973.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG**. 19.ed. Viçosa: UFV, 2001. 301p.

ROSCOE, R.; PITOL, C.; BROCH, D.L. **Necessidades climáticas e ciclo da cultura**. In: PITOL, C.; BROCH, D.L.; ROSCOE, R. Tecnologia e Produção: Crambe 2010. Fundação MS, 2010.

ROSOLEM, C.A.; STEINER, F. Adubação potássica para o crambe. **Bioscience Journal**, v.30, n. suplementar 1, p.140-146, 2014.

ROSSETTO, C.A.V.; NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A. Efeito da adubação potássica e da época de colheita na qualidade fisiológica de sementes de canola (*Brassica napus* L. var. oleífera Metzg.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, n.2, p.348-353, 1997.

ROSSETTO, C.A.V.; NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A. Efeito da adubação potássica e da época de colheita na produtividade de canola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.87-94, 1998.

SANTOS, L.A.S. Desempenho e produção de crambe em cultivo sucessivo. 2014. 91p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014.

SANTOS, J.I.; SILVA, T.R.B.; ROGÉRIO, F.; SANTOS, R.F.; SECCO, D. Yield response in crambe to potassium fertilizer. **Industrial Crops and Products**, v.43, p.297-300, 2013.

SANTOS, J.I.; ROGÉRIO, F.; MIGLIAVACCA, R.A.; GOUVEIA, B. SILVA, T.B.; BARBOSA, M.C. Efeito da adubação potássica na cultura do crambe. **Bioscience Journal**, v.28, n.3, p.346-350, 2012.

SANTOS, L.A.S. **Produção e qualidade fisiológica de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst)**. 2011. 128p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

SOUZA, T.A.F.; RAPOSO, R.W.C.; DANTAS, A.J.A.; SILVA, C.V.; GOMES NETO, A.D.; SANTOS, L.C.N.; ARAÚJO, R.C.A.; RODRIGUES, H.R.N.; ANDRADE, D.A.; MEDEIROS, D.A.; DIAS, J.A.; SILVA, E.S.; LIMA, G.K.; LUCENA, E.H.L.; PRATES, C.S.F. **Produção de grãos de canola em função de épocas de semeadura em dois anos de cultivo**. Anais IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, João Pessoa, PB, p.1454-1458, 2010.

VIANA, O.H. **Cultivo de crambe na Região Oeste do Paraná**. 2013. 60p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, 2013.

4 CAPÍTULO II

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CRAMBE EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO POTÁSSICA E DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA

RESUMO

O objetivo foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de crambe influenciada pela adubação potássica e diferentes épocas de colheita. Para isto, foi instalado um experimento em 2013 e repetido o em 2014, adotando o delineamento experimental em parcela subdividida com quatro repetições, sendo as parcelas representadas pela adubação potássica (0, 15, 30, 60 e 90 kg K₂O ha⁻¹) e as subparcelas pelas três épocas de colheita, com início após 50% das sementes apresentarem coloração marrom. As sementes colhidas foram submetidas aos testes de germinação e vigor (primeira contagem, condutividade elétrica e envelhecimento artificial), um mês após a colheita e após seis meses de armazenamento em câmara seca (18°C e 45% UR). Pelos resultados, pode-se concluir que as sementes colhidas na terceira época, quando avaliadas após a colheita (avaliação inicial), apresentam menor germinação, sem tratamento para superação de dormência e independente da adubação potássica, nos dois anos de cultivo, indicando que as sementes já tinham atingido a maturidade fisiológica e que os mecanismos de superação de dormência já estavam presentes. Após seis meses de armazenamento, as sementes de crambe colhidas na terceira época apresentam maior germinação, sem tratamento para superação de dormência e independente da adubação potássica, nos dois cultivos.

Palavras-chave: *Crambe abyssinica* Hochst., potencial fisiológico, armazenamento

ABSTRACT

The objective was to evaluate the physiological quality of crambe seed produced under the influence of potassium fertilization and different harvest times. For this, an experiment was installed in 2013 and repeated in 2014, with experimental design in a split plot with four replications, potassium fertilization as main plots (0, 15, 30, 60 e 90 kg K₂O ha⁻¹) and three harvest times as subplots. The harvested seeds were submitted to germination and vigor (first count, electrical conductivity and accelerated aging) tests, a month after harvest and after six months of storage in a dry chamber (18°C and 45% RH). By the results it can concluded that the seeds harvested in the third time, when evaluated after harvest (initial evaluation), had lower germination without treatment to overcome dormancy, regardless of potassium fertilization, in both years of cultivation, indicating that the seeds had reached physiological maturity and the mechanisms to overcome dormancy were already present. After six months of storage, crambe seed harvested in the third time had higher germination, without treatment to overcome dormancy and regardless of potassium fertilization in both crops.

Key words: *Crambe abyssinica* Hochst., physiological potencial, storage

4.1 INTRODUÇÃO

O crambe é uma cultura com baixo custo e facilidade de produção, utiliza os mesmos equipamentos de outras culturas produtoras de grãos e, pode ser cultivado em áreas, normalmente, ociosas no outono/inverno. A inserção do crambe nos sistemas de produção Brasileiros é uma alternativa de renda para pequenos e médios produtores, principalmente na entressafra (OLIVEIRA et al., 2013).

Para garantir uma rápida e uniforme emergência das plântulas no campo e, conseqüentemente, maior probabilidade de sucesso na produção é fundamental a utilização de sementes de elevada qualidade fisiológica (SILVA, 2011). A germinação e o vigor das sementes são prejudicados por uma série de fatores intrínsecos, como vitalidade, viabilidade, longevidade, genótipo, grau de maturidade, dormência e sanidade, além de fatores externos, condições climáticas durante o desenvolvimento, nutrição da planta-mãe e, manejo durante a colheita e o beneficiamento (secagem, limpeza e armazenamento) (MARCOS FILHO, 2005).

A maturidade fisiológica do crambe, quando as sementes apresentam a máxima capacidade germinativa e máximo vigor, é atingida quando 50% das sementes apresentam coloração marrom, as folhas se tornam amarelas e começam a cair da planta, e o grau de umidade das sementes está em torno de 35% (KNIGHTS, 2002). Pitol (2008) recomenda que a colheita deve ser feita imediatamente após a maturidade fisiológica, a fim de evitar perdas por queda das síliquas no campo. Além disto, para Oplinger et al (2000) a colheita atrasada torna as sementes sujeitas à quebra e a maior risco de infecção por *Alternaria brassicae*, devido ao maior tempo de exposição da planta no campo ao patógeno e a condições desfavoráveis.

O grau de umidade das sementes também prejudica o tempo de armazenamento, pois sementes com grau de umidade acima de 12% tem seu metabolismo acelerado, aumentando a velocidade de deterioração. Da mesma forma, temperatura alta (30°C) durante o armazenamento também aumenta a velocidade das reações químicas e da respiração, causando redução da germinação e do vigor (MARCOS FILHO, 2005). O grau de umidade mínimo para o armazenamento das sementes de crambe deve ser de 10% (OPLINGER et al., 2000).

Oliva (2010) avaliando os diferentes métodos de secagem (à sombra com ventilação natural, artificial com ar aquecido, artificial com ar não aquecido, em terreiro e na planta) onde as sementes colhidas 130 dias após a semeadura apresentavam grau de umidade de 15,8%, 16,0%, 15,9%, 15,3% e 19,9%, respectivamente, na qualidade fisiológica de sementes de crambe durante o armazenamento (0, 2, 4, 6 e 8 meses), observou que durante o armazenamento houve um aumento da qualidade fisiológica das sementes, avaliado pelos testes de germinação, primeira contagem da germinação e condutividade elétrica devido à superação de dormência. A porcentagem de germinação, que era de 14,50% e 9,58% aos dois meses foi de 30,25% e 35,00% aos seis meses de armazenamento (secagem à sombra e na planta, respectivamente).

No teste de primeira contagem da germinação, a porcentagem de plântulas normais foi de 13,00% e 7,83% aos dois meses e 27,16% e 30,83% aos seis meses de armazenamento (secagem à sombra e na planta, respectivamente). Já, na avaliação da condutividade elétrica, foi observada uma redução dos valores de 119,85 e 109,17 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ aos dois meses para 81,88 e 67,63 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ aos seis meses de armazenamento (secagem à sombra e na planta, respectivamente), possivelmente, devido ao elevado grau de umidade das sementes ou ainda a presença do pericarpo, que poderia ter causado uma maior lixiviação de eletrólitos nas sementes recém-colhidas (OLIVA, 2010).

Costa et al. (2012a) avaliando a qualidade de sementes de crambe, pelos testes de condutividade elétrica, germinação, índice de velocidade de germinação durante o

armazenamento (em potes de vidro cobertos com tecido tipo voal) em condições de ambiente, câmara refrigerada do tipo BOD e em câmara climatizada com aparelho de ar condicionado, por doze meses, observaram que o armazenamento em câmara climatizada com aparelho de ar condicionado promoveu a superação da dormência e melhor conservação das sementes de crambe em relação aos demais tipos de armazenamento, onde a porcentagem de plântulas normais na germinação das sementes em câmara climatizada foi de 79,17% aos dois meses de armazenamento e 87,78% aos seis meses, em condição ambiente foi de 43,06% e 68,61% (aos dois e seis meses de armazenamento, respectivamente), e em câmara refrigerada foi de 73,06% e 52,50% (aos 2 e 6 meses de armazenamento, respectivamente).

Já Costa et al. (2013) estudando a qualidade de sementes de crambe durante o armazenamento em sacos de papel com início 12 meses após a colheita e duração de 12 meses, em diferentes condições, em ambiente ($26\pm 3^{\circ}\text{C}$ e $55\pm 12\%$ UR), câmara fria ($5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $79\pm 5\%$ UR) e câmara climatizada ($18\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $53\pm 7\%$ UR), observaram que a germinação (porcentagem de plântulas normais) foi maior no armazenamento em câmara climatizada (aos dois meses de armazenamento foi de 72,78% e aos seis meses foi 68,89%), e esta elevada porcentagem de germinação no início do armazenamento é um indicativo de ausência de dormência, porém o período de armazenamento só teve início 12 meses após a colheita das sementes. Estes mesmos autores também avaliaram a condutividade elétrica das sementes de crambe durante o armazenamento, determinando que houve aumento na quantidade de lixiviados das sementes armazenadas em câmara climatizada, com $367,41\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ aos dois meses de armazenamento e de $392,28\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ aos seis meses.

Costa et al. (2012b) avaliando a influência da secagem, ar natural (23°C e $60,6\%$ UR) e com secador experimental sete dias após a colheita (30, 40, 50, 60 e 70°C e 37,4; 22,3; 14,0; 3 e 5,1% de UR, respectivamente) na qualidade fisiológica de sementes de crambe. Os autores determinaram que a germinação (plântulas normais) foi baixa em todos os tratamentos (em torno de 4 a 5%), possivelmente, porque as sementes que estavam quiescentes sete após dias da colheita, ainda apresentavam-se com elevada concentração de inibidores da germinação, como o ácido abscísico. Neste mesmo experimento, também foram analisados os valores de condutividade elétrica das sementes, e foi constatado que estes valores aumentaram com a elevação da temperatura de 23 para 30°C (de $360\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para $500\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), porém, isto não ocorreu em temperaturas acima de 40°C . Para os autores, este resultado foi devido aos maiores danos sofridos pelas sementes secas sob altas temperaturas.

Em outra espécie da família Brassicaceae, Rossetto et al. (1997) em experimento realizado em Botucatu-SP em solo que apresentava $0,9\text{ mmol}\cdot\text{K}^{+}\cdot\text{kg}^{-1}$, analisando o efeito da adubação potássica ($40\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, aplicado na forma de KCl) e de diferentes épocas de colheita (112, 119, 126, 133, 140, 147 e 154 dias após a semeadura) na qualidade fisiológica de sementes de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera* Metzg.), observaram que a adubação potássica de $40\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, aplicado na forma de KCl, não houve diferença significativa da adubação potássica para porcentagem de plântulas normais na primeira contagem da germinação (37%) e na germinação (70%), porém, os valores de condutividade elétrica foi menor nas sementes colhidas de plantas adubadas com potássio ($74,60\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$), enquanto que nas sementes colhidas de plantas sem potássio foi de $93,24\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. Na avaliação após seis meses de armazenamento em sacos de papel, em condições de ambiente, sem controle de temperatura e umidade relativa do ar, houve um aumento de porcentagem de plântulas normais na primeira contagem da germinação (54% sem potássio e 63% com potássio) e, na germinação de 75% (sem potássio) para 82% (com potássio), e não houve diferença significativa entre adubação potássica e condutividade elétrica.

Assim, o objetivo foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de crambe produzidas em resposta à adubação potássica e diferentes épocas de colheita.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

As sementes produzidas no experimento instalado em 13 de Abril de 2013 e que foi repetido em 03 de Abril de 2014 em Seropédica, em Planossolo (Ramos et al., 1973), conforme capítulo I, foram submetidas a avaliação da qualidade fisiológica.

Assim, o delineamento adotado foi de blocos ao acaso em parcela subdividida, sendo as parcelas representadas pelas doses de potássio (0, 15, 30, 60 e 90 kg K₂O ha⁻¹ usando a fonte cloreto de potássio que contem em media 60% de K₂O, ou seja, 0, 125, 150, 200 e 250 kg de KCl ha⁻¹ e, as subparcelas, pelas três épocas de colheita em intervalos de 10 dias, a partir do momento que atingiu a maturidade fisiológica, quando 50% das sementes apresentavam coloração marrom, cerca de 35% de água com quatro repetições (PITOL et al., 2010).

Para a comparação entre sistemas de condução do teste de germinação (água destilada e nitrato de potássio) foi utilizado o delineamento em parcelas subsubdivididas, onde as parcelas foram representadas pelos sistemas de condução do teste, as subparcelas pelas doses de K₂O e as susubparcelas pelas épocas de colheita. Para a comparação entre momentos de avaliação da qualidade fisiológica (inicial e após o armazenamento), foi utilizado o delineamento em parcelas subsubdivididas, onde as parcelas foram representadas pelos momentos de avaliação, as subparcelas pelas doses de K₂O e as susubparcelas pelas épocas de colheita.

Em 2013, as sementes foram colhidas manualmente aos 26 de junho (73 dias após a semeadura-DAS), 7 de julho (85 DAS) e 17 de julho (95 DAS) e encaminhadas ao Laboratório de Análise de Sementes da UFRRJ, acondicionadas em sacos de papel visando análise da qualidade física e fisiológica durante seis meses de armazenamento em câmara seca, com controle de temperatura (18°C) e de umidade relativa do ar (45%). Assim as avaliações foram realizadas um mês após a colheita e após seis meses de armazenamento, pelos testes de:

Retenção em peneira, as sementes foram dispostas sobre um conjunto de peneiras posicionadas em ordem decrescente de acordo com os diâmetros dos orifícios de 2,00mm, 2,38mm, 2,83mm e 3,36mm, respectivamente. Posteriormente, as sementes retidas em cada peneira foram pesadas e separadas de acordo com a peneira em que foi retida. Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes retidas na peneira 2,38mm;

Grau de umidade foi determinado utilizando quatro subamostras de 25 sementes, pelo método da estufa a 105 ± 3°C, durante 24 horas, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem;

Peso de mil sementes onde foram utilizadas oito subamostras de 100 sementes, pesadas em balança analítica de precisão de 0,0001g. Com o resultado obtido foi calculado o peso de 1000 sementes, com base em Brasil (2009). Os resultados foram expressos em gramas;

Germinação que foi conduzido com quatro subamostras de 50 sementes. Foi utilizado papel tipo germitest, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato no interior de caixas plásticas do tipo gerbox, sob 20°C, na ausência de luz. As avaliações foram realizadas aos quatro e sete dias após instalação do teste para a avaliação das plântulas normais (as que apresentaram as estruturas essenciais da parte aérea e radicular bem desenvolvidas, proporcionais e sadias), plântulas anormais (as que desenvolveram estruturas danificadas, deformadas ou deterioradas) e sementes não germinadas (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem;

Germinação com adição de nitrato de potássio no substrato como método para superar a dormência fisiológica das sementes (BRASIL, 2009). Foi conduzido com quatro

subamostras de 50 sementes, utilizando papel tipo germitest, umedecido com solução de 0,2% de nitrato de potássio (2g de KNO_3 dissolvidos em 1.000mL de água) na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato no interior de caixas plásticas do tipo gerbox, sob 20°C, na ausência de luz. As avaliações foram realizadas aos quatro e sete dias após instalação do teste para a avaliação das plântulas normais, plântulas anormais, e sementes não germinadas, que não incluem as mortas (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem;

Primeira contagem de germinação que foi realizado em conjunto com os testes de germinação conduzidos com substrato umedecido com água e com KNO_3 . Foi feita a avaliação da porcentagem de plântulas normais aos quatro dias após a instalação do teste de germinação (NAKAGAWA, 1999), sendo os resultados expressos em porcentagem;

Envelhecimento acelerado onde foram utilizadas quatro subamostras de 250 sementes acondicionadas em caixas plásticas do tipo gerbox, contendo 40 mL de solução saturada de NaCl (40g 100 mL⁻¹) a 45°C por 36 horas (SANTOS; ROSSETTO, 2013). Após o término da exposição ao envelhecimento, foi realizado o teste de germinação, avaliando a porcentagem de plântulas normais aos quatro dias após a instalação do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem;

Condutividade elétrica que foi realizado com quatro subamostras de 25 sementes, imersas em 50mL de água destilada e deionizada, durante 24 horas a 20°C (SANTOS; ROSSETTO, 2013). Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$.

Para a avaliação do **acúmulo de macronutrientes**, por subparcela, foram coletadas amostras de sementes de cada tratamento e encaminhadas ao laboratório de Fertilidade e do solo da UENF, Campus Leonel Miranda, visando à análise de nutrientes nas sementes.

Após seis meses de armazenamento, as sementes foram avaliadas pelos testes de germinação com substrato umedecido com água destilada, germinação com substrato umedecido com solução de nitrato de potássio, primeira contagem de germinação com substrato umedecido com água destilada e com a solução de nitrato de potássio, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, cujos procedimentos estão descritos na avaliação após um mês da colheita.

Para verificar a normalidade e homogeneidade da variância dos erros, foram utilizados os testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente, pelo Programa R. Para as variáveis em que as pressuposições não foram atendidas, utilizou-se o procedimento Box-Cox por meio do programa R para encontrar a transformação adequada para os dados. Na avaliação inicial, em 2013, os dados de porcentagem de germinação, plântulas anormais deformadas e infeccionadas e sementes não germinadas com substrato umedecido com água destilada, primeira contagem da germinação e sementes não germinadas com substrato umedecido com KNO_3 , condutividade elétrica e envelhecimento acelerado foram transformados, uma vez que eles não atendiam todas as pressuposições básicas da análise de variância. Na avaliação inicial, em 2014, os dados de porcentagem de germinação e plântulas anormais deformadas e infeccionadas com substrato umedecido com água destilada, plântulas anormais deformadas e infeccionadas e sementes não germinadas com substrato umedecido com KNO_3 e envelhecimento acelerado foram transformados, uma vez que eles não atendiam todas as pressuposições básicas da análise de variância.

Na avaliação após o armazenamento, em 2013, os dados de porcentagem de porcentagem de germinação, primeira contagem da germinação, plântulas anormais deformadas e infeccionadas e sementes não germinadas com substrato umedecido com água destilada, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado foram transformados, uma vez que eles não atendiam todas as pressuposições básicas da análise de variância. Na avaliação após o armazenamento, em 2014, os dados de porcentagem de porcentagem de germinação, primeira contagem da germinação, plântulas anormais deformadas e infeccionadas e sementes não germinadas com substrato umedecido com água destilada, germinação, primeira

contagem da germinação, plântulas anormais deformadas e infeccionadas e sementes não germinadas com substrato umedecido com KNO_3 e condutividade elétrica foram transformados, uma vez que eles não atendiam todas as pressuposições básicas da análise de variância.

Após a transformação, os dados foram submetidos à análise de variância, sendo que as pressuposições foram checadas novamente, com o intuito de verificar se as transformações foram adequadas, utilizando os programas R e Sisvar. Foi realizada a comparação das médias pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade para as variáveis qualitativas e, a análise de regressão para as variáveis quantitativas, com a escolha da equação de acordo com a significância dos coeficientes da equação, do valor de R^2 e da expectativa biológica (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Avaliação inicial da qualidade física e fisiológica das sementes, após um mês da colheita

As sementes de crambe apresentaram grau de umidade, em média, de 41, 14 e 8% no momento da primeira, segunda e terceira colheita em 2013 e, 41, 8 e 12% em 2014, respectivamente (Tabela 13). Após a secagem, as sementes apresentaram, em média, grau de umidade de 8% e, no momento da avaliação inicial da qualidade fisiológica o grau de umidade foi de 7%, nos dois anos de avaliação (Tabela 13).

Tabela 13. Dados médios de grau de umidade de sementes de crambe após a colheita, após a secagem e após o armazenamento, provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Épocas de colheita		Adubação (kg ha ⁻¹)					Médias
		0	15	30	60	90	
		Grau de umidade após a colheita (%)					
1	Cultivo 1	42	38	41	48	34	41
2		13	15	13	16	13	14
3		8	9	8	8	8	8
1	Cultivo 2	35	41	42	44	41	41
2		8	8	8	8	8	8
3		10	10	13	11	13	12
		Grau de umidade após a secagem (%)					
1	Cultivo 1	8	9	8	9	9	9
2		8	8	9	9	8	8
3		8	9	8	8	8	8
Médias		8	9	8	8	8	8
1	Cultivo 2	8	8	9	7	8	8
2		7	7	7	7	7	7
3		7	7	7	9	9	8
Médias		7	7	8	8	8	8
		Grau de umidade após o armazenamento (%)					
1	Cultivo 1	7	7	7	7	7	7
2		7	7	7	8	7	7
3		8	7	8	7	7	7
Médias		7	7	7	7	7	7
1	Cultivo 2	8	8	7	7	8	8
2		8	7	7	7	7	7
3		7	8	7	8	7	7
Médias		8	8	7	7	7	7

A secagem tem como objetivo a manutenção da qualidade fisiológica inicial durante o armazenamento, ou seja, reduzir a velocidade das reações químicas e da respiração, induzidas pelo excesso de umidade (MARCOS FILHO, 2005). Assim, os valores de grau de umidade, após a secagem natural, das sementes de crambe, neste trabalho, estão de acordo com a recomendação para armazenamento e comercialização da espécie, que deve ser de 10% ou menos de conteúdo de água (KNIGHTS, 2002).

A porcentagem de retenção na peneira com diâmetro do orifício de 2,38 mm foi de 55, 86 e 79% respectivamente na primeira, segunda e terceira colheita em 2013 e, 44, 47 e 51% em 2014 (Tabela 14). Para Carvalho e Nakagawa (2012), normalmente, existe uma correlação

positiva entre o tamanho e o vigor das sementes, pois sementes de maior tamanho receberam maior quantidade de nutrientes durante seu desenvolvimento, e assim, apresentam embriões bem formados e com maiores quantidades de reservas.

Tabela 14. Dados médios de sementes retidas em peneira 2,38” e peso de mil sementes, provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Épocas de colheita		Adubação (kg ha ⁻¹)					Médias
		0	15	30	60	90	
		Retenção em peneira 2,38” (%)					
1	Cultivo 1	63	53	52	51	58	55
2		88	87	80	86	87	86
3		72	82	76	77	88	79
Médias		74	74	69	72	78	73
		Retenção em peneira 2,38” (%)					
1	Cultivo 2	49	47	38	48	38	44
2		48	42	44	56	47	47
3		50	52	43	52	57	51
Médias		49	47	42	52	47	47
		Peso de mil sementes (g)					
1	Cultivo 1	6,458	6,196	6,654	6,203	6,630	6,428a
2		6,368	6,276	6,062	6,256	6,207	6,234a
3		6,540	6,419	6,241	6,407	6,217	6,365a
Médias		6,455	6,297	6,319	6,289	6,351	6,342
C.V. 1 (%)	4,74						
C.V. 2 (%)	5,02						
1	Cultivo 2	6,153	6,357	6,453	6,257	6,507	6,345a
2		6,303	6,180	6,480	6,390	6,377	6,346a
3		6,123	6,257	6,253	6,540	6,393	6,331a
Médias		6,223	6,264	6,396	6,396	6,426	6,341
C.V. 1 (%)	5,19						
C.V. 2 (%)	6,34						

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Pelos resultados da análise de variância dos dados foi constatado que quando foi realizada a avaliação inicial da qualidade física das sementes de crambe, após um mês da colheita, não houve efeito significativo de tratamentos (épocas de colheita e doses de K₂O) no peso de mil sementes, nos dois anos de cultivo (Anexo 7). As sementes apresentaram, em média, peso de mil de 6,34 g nos dois anos de cultivo (Tabela 14).

4.3.1.1 Germinação

Na avaliação da germinação em substrato umedecido com água destilada, em 2013, houve efeito significativo de épocas de colheita na porcentagem de germinação, plântulas anormais deformadas e infeccionadas e de sementes não germinadas (Anexo 7).

No cultivo em 2013, as sementes colhidas na primeira e segunda época apresentaram maior germinação, quando a avaliação foi realizada em substrato umedecido com água destilada, independente da adubação potássica, provavelmente, devido a menor porcentagem de plântulas anormais deformadas e infeccionadas e de sementes não germinadas, sugerindo que provavelmente havia sementes que ainda não tinham atingido a maturidade fisiológica e os mecanismos de dormência, que se instalam na maturidade fisiológica, não estavam

presentes (Tabela 15). Os valores de germinação das sementes colhidas nas três épocas, em 2013, estão acima do padrão de comercialização, que é de 60% (BRASIL, 2013).

Tabela 15. Dados médios, em porcentagem, de germinação, plântulas anormais deformadas e infeccionadas e sementes não germinadas, obtidas no teste de germinação com substrato umedecido com água destilada (H₂O), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Épocas de colheita		Adubação (kg ha ⁻¹)					Médias
		0	15	30	60	90	
		Germinação H ₂ O (%)					
1	Cultivo 1	90	71	83	78	87	82a
2		90	84	78	83	87	84a
3		71	50	72	52	57	61b
	Médias	84	68	78	71	77	76
	C.V. 1 (%)	33,99					
	C.V. 2 (%)	29,81					
1	Cultivo 2	77	74	63	71	62	69a
2		74	62	66	69	66	67a
3		49	50	50	45	49	49b
	Médias	67	62	60	62	59	62
	C.V. 1 (%)	5,89					
	C.V. 2 (%)	6,44					
		Plântulas anormais deformadas e infeccionadas H ₂ O (%)					
1	Cultivo 1	1	9	2	4	6	4a
2		3	0	1	3	2	2b
3		1	0	0	0	0	0b
	Médias	2	3	1	2	3	2
	C.V. 1 (%)	25,28					
	C.V. 2 (%)	24,33					
1	Cultivo 2	6	8	12	7	10	9a
2		10	10	14	8	16	11a
3		3	5	3	2	5	3b
	Médias	6	7	10	6	10	8
	C.V. 1 (%)	6,34					
	C.V. 2 (%)	3,77					
		Sementes não germinadas H ₂ O (%)					
1	Cultivo 1	9	21	14	18	7	14b
2		7	15	21	13	11	14b
3		28	49	27	48	43	39a
	Médias	15	28	21	27	20	22
	C.V. 1 (%)	25,11					
	C.V. 2 (%)	20,38					
1	Cultivo 2	16	18	26	22	28	22b
2		16	28	20	24	18	21b
3		48	45	47	53	47	48a
	Médias	27	31	31	33	31	30
	C.V. 1 (%)	27,21					
	C.V. 2 (%)	23,68					

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

A baixa germinação e a elevada porcentagem de sementes não germinadas em substrato umedecido com água destilada das sementes colhidas na terceira época, em 2013, possivelmente, estão relacionadas ao fato das sementes já terem atingido a maturidade fisiológica e desencadeado a instalação dos mecanismos de dormência (Tabela 15), que causa uma diminuição na porcentagem de germinação (CARLSON, 1996). De acordo com a literatura, é comum a ocorrência de dormência em sementes de crame recém-colhidas, tendo sido observada por Costa et al. (2012a); Faria et al. (2014) e Oliveira et al. (2014).

Em 2014, pelos resultados da análise de variância foi observado efeito significativo de épocas de colheita na germinação, porcentagem de plântulas anormais deformadas e infeccionadas e sementes não germinadas em substrato umedecido com água destilada (Anexo 7). As sementes colhidas na primeira e segunda época apresentaram maior germinação em substrato umedecido com água destilada, independente da adubação potássica, possivelmente, devido a menor porcentagem de plântulas anormais deformadas e de sementes não germinadas (Tabela 15). Desta forma, há indícios que estas sementes já tinham atingido a maturidade fisiológica e os mecanismos de dormência, que se instalam na maturidade fisiológica estavam presentes. Os valores de germinação estão no padrão de comercialização, que é de 60% (BRASIL, 2013).

Quando foi utilizado nitrato de potássio (KNO_3) no teste de germinação, em 2013, houve efeito significativo da interação entre épocas de colheita e doses de K_2O na porcentagem de germinação e de plântulas anormais deformadas e infeccionadas, não houve efeito significativo de tratamentos (épocas de colheita e doses de K_2O) na porcentagem de sementes não germinadas (Anexo 8). As sementes da terceira época de colheita provenientes de plantas não adubadas e de plantas adubadas com 15, 30, 60 e 90 kg de K_2O ha^{-1} e, as sementes da segunda época de colheita provenientes de plantas adubadas com 15 e 30 kg de K_2O ha^{-1} apresentaram maior germinação (Tabela 16). Provavelmente, devido à redução da porcentagem de plântulas anormais deformadas e infeccionadas, demonstrando que pode ter havido alguma contribuição do potássio no reparo fisiológico das sementes, que se apresentavam em processo de deterioração, que tem início após a maturidade fisiológica (Tabela 16). E também devido à superação da dormência das sementes, pela aplicação do nitrato de potássio.

O modelo quadrático se ajustou aos dados de germinação em substrato umedecido com KNO_3 obtidos das sementes da segunda época de colheita, com aumento da germinação até a dose de 30 kg de K_2O ha^{-1} e posterior declínio (Figura 10a). O modelo quadrático se ajustou aos dados de plântulas anormais deformadas e infeccionadas em substrato umedecido com KNO_3 obtidos das sementes da segunda época de colheita, com redução de plântulas anormais deformadas e infeccionadas até a dose de 30 kg de K_2O ha^{-1} e posterior aumento (Figura 10b).

Em 2014, quando foi utilizado o KNO_3 na embebição do substrato no teste de germinação, foi detectado efeito significativo de épocas de colheita na germinação e porcentagem de plântulas anormais deformadas e infeccionadas e, não houve efeito significativo de tratamentos (época de colheita e doses de K_2O) na porcentagem de sementes não germinadas (Anexo 8). As sementes colhidas na terceira época, em 2014, apresentaram maior germinação em substrato umedecido com KNO_3 , porém não diferiu estatisticamente das sementes colhidas na segunda época, independente da adubação potássica, provavelmente, devido a menor porcentagem de plântulas anormais deformadas e infeccionadas das sementes colhidas na terceira época (Tabela 16).

Tabela 16. Dados médios, em porcentagem, de germinação, plântulas anormais deformadas e infeccionadas e sementes não germinadas, obtidas no teste de germinação com substrato umedecido com nitrato de potássio (KNO₃), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Épocas de colheita		Adubação (kg ha ⁻¹)					Médias
		0	15	30	60	90	
Germinação KNO ₃ (%)							
1	Cultivo 1	52b	51b	48b	49c	51b	50
2		58b	80a	92a	73b	65b	73
3		87a	91a	89a	87a	92a	89
Médias		66	74	76	70	69	71
C.V. 1 (%)	16,75						
C.V. 2 (%)	9,91						
1	Cultivo 2	81	81	77	82	76	80b
2		84	81	80	85	80	82ab
3		90	91	89	90	85	89a
Médias		85	84	82	86	80	83
C.V. 1 (%)	9,31						
C.V. 2 (%)	9,36						
Plântulas anormais deformadas e infeccionadas KNO ₃ (%)							
1	Cultivo 1	44a	44a	46a	48a	44a	45
2		37a	17b	4b	22b	30a	22
3		9b	2c	8b	6c	5b	6
Médias		30	21	19	25	26	24
C.V. 1 (%)	46,12						
C.V. 2 (%)	28,64						
1	Cultivo 2	9	6	12	12	9	10b
2		10	11	16	12	15	13a
3		4	3	4	5	5	4c
Médias		8	7	11	10	10	9
C.V. 1 (%)	38,69						
C.V. 2 (%)	30,84						
Sementes não germinadas KNO ₃ (%)							
1	Cultivo 1	4	5	6	3	5	5a
2		5	3	4	5	5	4a
3		4	7	3	7	3	5a
Médias		4	5	4	5	4	5
C.V. 1 (%)	33,81						
C.V. 2 (%)	31,05						
1	Cultivo 2	10	13	11	5	15	11a
2		6	8	5	3	4	5a
3		7	6	8	5	11	7a
Médias		7	9	8	5	10	8
C.V. 1 (%)	21,32						
C.V. 2 (%)	26,78						

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

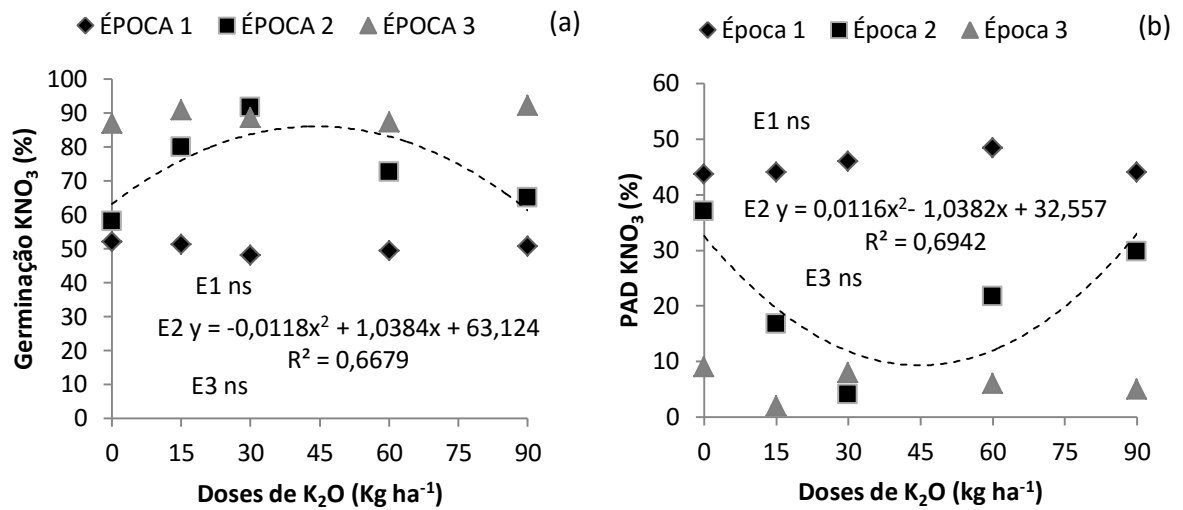


Figura 10. Germinação (a) e plântulas anormais deformadas e infeccionadas (b), obtidas no teste de germinação com substrato umedecido com nitrato de potássio, de sementes de crambe proveniente de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013). Avaliação após um mês da colheita.

Comparando os valores de germinação em substrato umedecido com KNO₃ com os valores da germinação com água destilada, em 2014, foi observado que houve efeito significativo da interação entre sistemas de condução do teste (água destilada e nitrato de potássio) na germinação (Anexo 14). Assim, o aumento da germinação nas três épocas de colheita, possivelmente, pode ser devido à superação da dormência, atingindo o padrão de comercialização (Tabela 17).

Tabela 17. Dados médios, em porcentagem, de germinação em substrato umedecido com água destilada (H₂O) e com nitrato de potássio (KNO₃), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 2 (2014). Avaliação inicial.

Tratamentos	Épocas	Adubação					Médias
		0	15	30	60	90	
H ₂ O	1	77	74	63	71	62	69b
	2	74	62	66	69	66	67b
	3	49	50	50	45	49	49b
Médias		67	62	60	62	59	62
KNO ₃	1	81	81	77	82	76	80a
	2	84	81	80	85	80	82a
	3	90	91	89	90	85	89a
Médias		85	84	82	86	80	83
C.V. 1 (%)	14,58						
C.V. 2 (%)	10,07						
C.V. 3 (%)	10,71						

Médias seguidas pela mesma letra, entre tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os tratamentos para superação da dormência, como a embebição do substrato com KNO_3 , suprimem parte ou todos os mecanismos de proteção das sementes contra condições ambientais desfavoráveis, ou seja, favorece a germinação, o que colabora para o aumento da velocidade de deterioração e, conseqüentemente, a redução da germinação e vigor das sementes (MARCOS FILHO, 2005). A embebição do substrato com KNO_3 é recomendada para superação da dormência em sementes de crambe pelas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Resultados favoráveis de superação de dormência em sementes recém-colhidas de crambe foram encontrados em outros trabalhos. Martins et al. (2012) observaram que a maior porcentagem de germinação das sementes intactas de crambe ocorreu quando estas foram submetidas ao tratamento com KNO_3 a 0,2% (40%), enquanto que a porcentagem de germinação em substrato umedecido com água foi de 30%. Para estes autores, o KNO_3 favoreceu a germinação de sementes pela alteração estrutural do pericarpo, reduzindo a impermeabilidade e permitindo a entrada de água e trocas gasosas. Costa et al. (2010) também observaram que a embebição das sementes intactas de crambe com KNO_3 a 0,2% favoreceu a germinação, através da superação da dormência, apresentando um aumento de 22,7% para 24,5%. Gutormson et al. (1992) verificaram que sementes de crambe com dormência inicial de 18%, após o umedecimento do substrato com 0,2% de KNO_3 apresentaram apenas 2% de dormência, enquanto que o umedecimento com água reduziu apenas a dormência a 12%, concluindo que o método de KNO_3 é eficiente na superação de dormência em sementes de crambe e mantém a viabilidade do lote.

4.3.1.2 Vigor

Na avaliação do vigor, no cultivo em 2013, pelos resultados da análise de variância foi observado que houve efeito significativo de épocas de colheita na primeira contagem da germinação em substrato umedecido com água destilada e na condutividade elétrica e, houve efeito significativo da interação entre épocas de colheita e doses de K_2O na primeira contagem em substrato umedecido com KNO_3 e no envelhecimento acelerado (Anexo 9). As sementes colhidas na segunda época apresentam maior vigor, avaliado pelo teste de primeira contagem da germinação com substrato umedecido com água destilada e, vigor intermediário pelo teste de condutividade elétrica, independente da adubação potássica (Tabela 18).

E, as sementes colhidas na terceira época apresentaram maior vigor pelo teste de condutividade elétrica, em 2013 (Tabela 18), pois houve menor quantidade de lixiviados na solução de embebição. Este teste avalia indiretamente o grau de estruturação das membranas celulares por meio da determinação da quantidade de íons lixiviados na solução de embebição, e esta quantidade é inversamente proporcional ao vigor (MARCOS FILHO, 2005). Rossetto et al. (1997) também observaram efeito de diferentes épocas de colheita no vigor de sementes de canola, em avaliação após a colheita, com redução dos valores de condutividade elétrica com o aumento dos dias após a semeadura (DAS) até a colheita (de $113,26 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ aos 112 DAS para $55,62 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ aos 154 DAS).

Na avaliação da primeira contagem da germinação em substrato umedecido com KNO_3 , em 2013, as sementes colhidas na segunda época de plantas adubadas com $30 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$ e, as colhidas na terceira época de plantas adubadas com 15 e $90 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ apresentaram maior vigor (Tabela 18).

O modelo quadrático se ajustou aos dados de primeira contagem em substrato umedecido com KNO_3 , na segunda colheita houve aumento até a dose de 30 kg ha^{-1} , com posterior declínio, na terceira época de colheita houve diminuição da porcentagem até a dose de $60 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$, seguido de aumento (Figura 11a). Ávila et al. (2004) avaliando o efeito da adubação potássica (0 a $160 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$) em sementes de canola, também observaram efeito favorável do potássio no vigor das sementes, com aumento da porcentagem de plântulas

normais na primeira contagem da germinação de 64% na dose zero para 81,87% na dose de 80 kg ha⁻¹.

Tabela 18. Dados médios, em porcentagem, de plântulas normais na primeira contagem da germinação, obtidas no teste de germinação com substrato umedecido com água destilada (H₂O) e com nitrato de potássio (KNO₃) e condutividade elétrica, em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Épocas de colheita		Adubação (kg ha ⁻¹)					Médias
		0	15	30	60	90	
Primeira contagem da germinação H ₂ O (%)							
1	Cultivo 1	52	25	45	26	51	40b
2		58	78	64	60	67	65a
3		52	44	60	43	47	49b
Médias		54	49	56	43	55	51
C.V. 1 (%)	29,75						
C.V. 2 (%)	28,20						
1	Cultivo 2	52	57	48	50	45	50a
2		49	37	35	38	39	40b
3		42	43	42	38	38	41b
Médias		48	46	42	42	41	44
C.V. 1 (%)	19,38						
C.V. 2 (%)	20,16						
Primeira contagem da germinação KNO ₃ (%)							
1	Cultivo 1	8b	13b	12b	11b	16b	12
2		15ab	20b	62a	33a	17b	30
3		27a	59a	53a	26ab	59a	45
Médias		17	31	42	23	31	29
C.V. 1 (%)	23,92						
C.V. 2 (%)	25,08						
1	Cultivo 2	53b	57b	45b	58a	55ab	54
2		44b	41c	41b	53a	48b	45
3		80a	84a	77a	68a	66a	75
Médias		59	61	54	60	56	58
C.V. 1 (%)	15,87						
C.V. 2 (%)	12,49						
Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)							
1	Cultivo 1	526,97	607,77	574,34	623,63	605,15	587,57a
2		260,31	302,54	356,45	307,14	325,08	310,30b
3		253,70	223,20	234,70	244,33	217,18	234,62c
Médias		346,99	377,84	388,50	391,70	382,47	377,50
C.V. 1 (%)	7,21						
C.V. 2 (%)	4,48						
1	Cultivo 2	660,16	696,90	617,49	638,08	725,68	667,66a
2		612,84	668,31	541,72	577,07	660,19	612,02a
3		266,74	302,15	273,24	244,28	278,31	272,94b
Médias		513,25	555,79	477,48	486,48	554,72	517,54
C.V. 1 (%)	13,70						
C.V. 2 (%)	16,19						

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Em 2013, pelo teste de envelhecimento acelerado as sementes colhidas na segunda época provenientes de plantas sem adubação potássica e de plantas adubadas com 15, 30 e 60 kg de K₂O ha⁻¹ e, na terceira época de plantas adubadas com 30 e 60 kg de K₂O ha⁻¹ apresentaram maior vigor (Tabela 19). Possivelmente, este resultado favorável das sementes colhidas na terceira época é devido à ação do potássio na planta mãe, que estimulou a maturação das sementes e diminuiu a produção de sementes mal formadas e, à superação da dormência pela exposição à temperatura elevada durante o processo de envelhecimento. Para Faria et al. (2014) temperaturas elevadas (de 40 °C a 60 °C) influenciam positivamente a superação da dormência em sementes de crambe e, assim o aumento da germinação.

Tabela 19. Dados médios, em porcentagem, de plântulas normais após exposição ao envelhecimento acelerado, obtidas de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na sementeira e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Épocas de colheita		Adubação (kg ha ⁻¹)					Médias
		0	15	30	60	90	
Envelhecimento acelerado (%)							
1	Cultivo 1	66b	62b	60b	67b	53b	62
2		77a	75a	79a	82a	65a	76
3		58b	69ab	87a	84a	67a	73
Médias		67	69	75	78	62	70
C.V. 1 (%)	30,88						
C.V. 2 (%)	16,67						
1	Cultivo 2	69	66	65	67	57	65a
2		63	56	60	64	52	59a
3		66	68	68	63	57	64a
Médias		66	63	64	65	55	63
C.V. 1 (%)	14,98						
C.V. 2 (%)	14,54						

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

O modelo quadrático se ajustou aos dados de envelhecimento acelerado, em 2013, a, onde na primeira época de colheita houve redução da porcentagem de plântulas normais até a dose de 30 kg de K₂O ha⁻¹ com posterior aumento e, na segunda e terceira épocas de colheita ocorreu um aumento da porcentagem até a dose de 60 kg de K₂O ha⁻¹ seguido de declínio na porcentagem (Figura 11b). Este resultado é semelhante ao obtido por Ávila et al. (2004) ao avaliar o efeito da adubação potássica (0 a 160 kg ha⁻¹) no vigor de sementes de canola (híbrido Hyola 401) pelo teste de envelhecimento acelerado observaram que houve um aumento na porcentagem de plântulas normais até a dose de 40 kg ha⁻¹, seguido de uma redução desta porcentagem com o aumento da dose de adubação.

Na avaliação do vigor em 2014, houve efeito significativo de épocas de colheita na primeira contagem da germinação em substrato umedecido com água destilada, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado e, efeito significativo da interação entre épocas de colheita e doses de K₂O na primeira contagem da germinação em substrato umedecido com KNO₃ (Anexo 9).

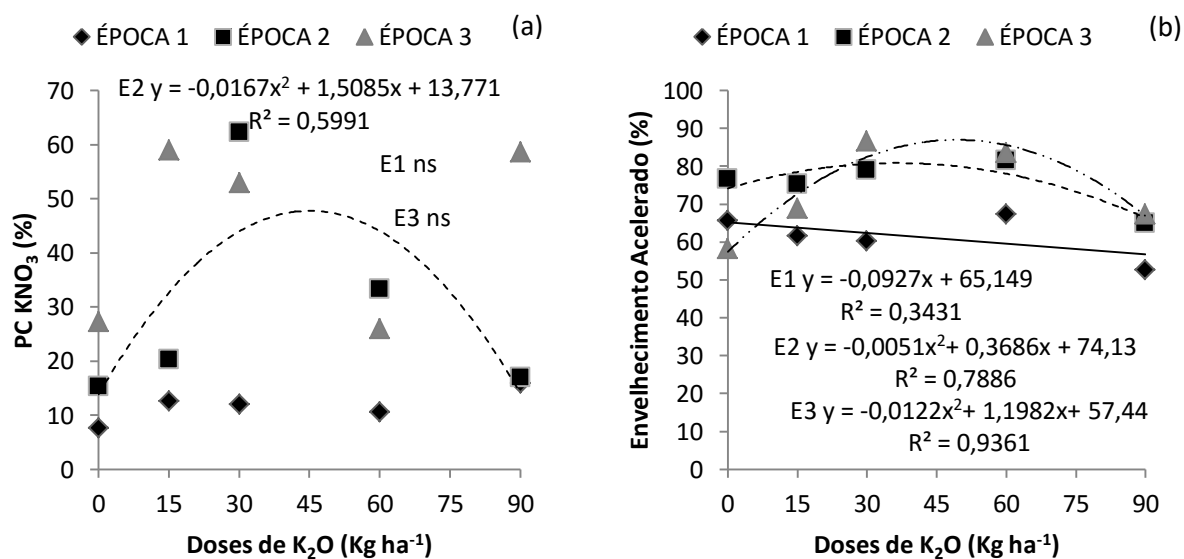


Figura 11. Primeira contagem da germinação, obtida no teste de germinação com substrato umedecido com nitrato de potássio (a) e, plântulas normais após exposição ao envelhecimento acelerado (b), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na sementeira e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013). Avaliação após um mês da colheita.

As sementes colhidas na primeira época, em 2014, apresentaram maior vigor, avaliado pelo teste de primeira contagem em substrato umedecido com água destilada, independente da adubação potássica (Tabela 18). Mas, pelo teste de condutividade elétrica, as sementes da terceira época de colheita apresentaram maior vigor, independente da adubação potássica (Tabela 18). Pelo teste de primeira contagem em substrato umedecido com KNO₃, as sementes da terceira época de colheita apresentaram maior vigor quando provenientes de plantas sem adubação potássica e de plantas adubadas com 15 e 30 kg de K₂O ha⁻¹ (Tabela 18). O modelo linear se ajustou aos dados de primeira contagem em substrato umedecido KNO₃, em 2014, das sementes colhidas na terceira época, com redução da porcentagem de acordo com o aumento das doses de K₂O (Figura 12). Pelo teste de germinação após a exposição ao envelhecimento acelerado, em 2014, não houve diferença estatística entre as épocas de colheita (Tabela 19).

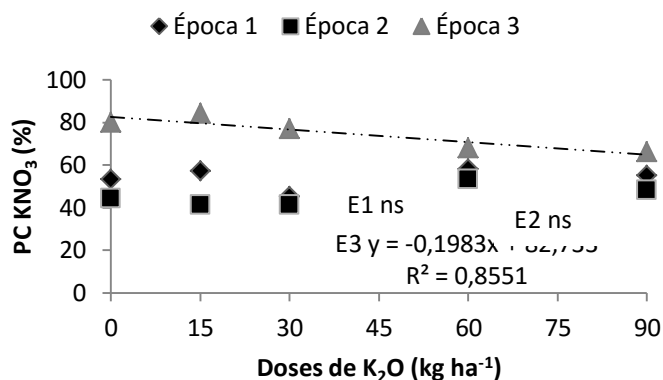


Figura 12. Primeira contagem da germinação, obtida no teste de germinação com substrato umedecido com nitrato de potássio, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na sementeira e diferentes épocas de colheita, no cultivo 2 (2014). Avaliação após um mês da colheita.

4.3.1.3 Concentração de nutrientes nas sementes

Em relação à concentração de nutrientes nas sementes, foi verificado que houve efeito significativo da interação entre épocas de colheita e doses de K_2O na concentração de nitrogênio nas sementes de crambe, nos dois anos de cultivo (Anexo 10).

Em 2013, a maior concentração de nitrogênio foi observada nas sementes colhidas na segunda época de plantas sem adubação e de plantas adubadas com 15, 30, 60 e 90 kg de K_2O ha^{-1} , porém não diferiu estatisticamente da concentração nas sementes colhidas na terceira época (Tabela 20). O modelo linear se ajustou aos dados de concentração de nitrogênio nas sementes colhidas na segunda época, em 2013, com aumento de acordo com o aumento das doses de K_2O (Figura 13a).

O nitrogênio participa da germinação das sementes sendo elemento constituinte das poliaminas, que atuam na síntese e atividade de macromoléculas, permeabilidade das membranas e nos processos de mitose e meiose (BOTELHO; PEREZ, 2001). Além de estimular a formação e desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas e o perfilhamento das plantas (MALAVOLTA, 1989). Assim, provavelmente a maior concentração deste nutriente nas sementes colhidas na segunda e terceira época, em 2013, tenha também contribuído para o favorecimento da germinação e o vigor das sementes de crambe.

Em 2014, as sementes colhidas na primeira época de plantas adubadas com 90 kg de K_2O ha^{-1} apresentaram maior concentração de nitrogênio, assim como as sementes colhidas de plantas adubadas com 30 kg de K_2O ha^{-1} , porém não diferiu estatisticamente da concentração nas sementes colhidas na segunda e na terceira época (Tabela 20). O modelo quadrático se ajustou aos dados de concentração de nitrogênio nas sementes colhidas na primeira época, em 2014, com redução da concentração até a dose de 15 kg de K_2O ha^{-1} , com posterior aumento (Figura 13c).

Para fósforo, não houve efeito significativo de tratamentos (épocas de colheita e doses de K_2O) em 2013 (Anexo 10). Em 2014, houve efeito significativo de épocas de colheita, na concentração de fósforo nas sementes (Anexo 10), com a maior concentração presente nas sementes colhidas na terceira época, independente da adubação potássica, porém não diferiu estatisticamente da concentração das sementes da segunda época de colheita (Tabela 20).

O fósforo está envolvido na formação da semente, participando do DNA e RNA, dos nucleotídeos, fosfolipídeos da membrana celular, aumenta a frutificação e acelera a maturação dos frutos, assim, sua concentração influencia a qualidade fisiológica das sementes (ZIMMER, 2012; MALAVOLTA, 1989). Maiores concentrações de fósforo nas sementes colhidas na terceira época, em 2014, possivelmente, contribuíram para favorecer a organização das membranas celulares, como observado pelos menores valores de condutividade elétrica destas sementes (Tabelas 18 e 20).

Para a concentração de potássio nas sementes houve efeito significativo da interação entre épocas de colheita e doses de K_2O , nos dois anos de cultivo (Anexo 10). Em 2013, as sementes colhidas na primeira época provenientes de plantas sem adubação e de plantas adubadas com 15, 30, 60 e 90 kg de K_2O ha^{-1} apresentaram maior teor de potássio (Tabela 20). O modelo linear se ajustou aos dados de concentração de potássio nas sementes colhidas na segunda época, com aumento da concentração de potássio de acordo com a elevação das doses de K_2O (Figura 13b).

Em 2014, as sementes colhidas na segunda época de plantas sem adubação potássica e de plantas adubadas com 15, 30 e 60 kg de K_2O ha^{-1} apresentaram elevada concentração de potássio, porém não diferiu estatisticamente da concentração nas sementes da primeira época (Tabela 20). O modelo quadrático se ajustou aos dados de concentração de potássio nas sementes colhidas na primeira e segunda época, na primeira época houve redução da concentração de potássio até a dose de 60 kg de K_2O ha^{-1} e na segunda época até a dose de 30

kg de K₂O ha⁻¹, com posterior aumento da concentração nas duas épocas de colheita (Figura 13d).

Tabela 20. Dados médios, em g kg⁻¹, de concentração de nitrogênio, fósforo e potássio em sementes de crambe, provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Épocas de colheita		Adubação (kg ha ⁻¹)					Médias
		0	15	30	60	90	
		Nitrogênio (g kg ⁻¹)					
1	Cultivo 1	30,31a	27,86b	29,16a	28,11b	29,05b	28,90
2		30,66a	31,36a	31,33a	34,02a	32,62a	32,00
3		31,15a	31,50a	30,59a	29,82b	30,10ab	30,63
	Médias	30,71	30,24	30,36	30,65	30,59	30,51
	C.V. 1 (%)	3,97					
	C.V. 2 (%)	3,19					
1	Cultivo 2	31,08a	30,63a	34,06a	32,55a	38,15a	33,29
2		32,06a	32,03a	33,53a	30,73a	34,02b	32,47
3		32,55a	32,03a	34,16a	30,38a	31,22b	32,07
	Médias	31,90	31,56	33,92	30,38	31,22	32,61
	C.V. 1 (%)	3,95					
	C.V. 2 (%)	4,09					
		Fósforo (g kg ⁻¹)					
1	Cultivo 1	5,57	4,74	5,28	5,01	4,56	5,03a
2		5,37	5,28	5,57	5,76	5,66	5,53a
3		5,46	4,38	5,28	4,74	5,94	5,16a
	Médias	5,47	4,80	5,38	5,17	5,39	5,24
	C.V. 1 (%)	9,80					
	C.V. 2 (%)	11,25					
1	Cultivo 2	2,56	2,56	2,75	2,67	2,67	2,64b
2		2,60	2,71	2,71	2,71	2,63	2,67ab
3		2,79	2,79	2,79	2,75	2,64	2,75a
	Médias	2,65	2,69	2,75	2,71	2,65	2,69
	C.V. 1 (%)	1,93					
	C.V. 2 (%)	2,87					
		Potássio (g kg ⁻¹)					
1	Cultivo 1	16,24a	14,79a	16,66a	16,45a	15,20a	15,87
2		8,09b	8,93b	9,35b	9,77b	9,77b	9,18
3		6,62c	7,88b	7,46c	7,04c	7,25c	7,25
	Médias	10,32	10,53	11,16	11,09	10,74	10,77
	C.V. 1 (%)	4,83					
	C.V. 2 (%)	4,60					
1	Cultivo 2	13,98b	13,88a	15,24a	14,09b	16,07a	14,65
2		16,39a	13,98a	14,40a	15,34a	14,72b	14,96
3		9,28c	9,70b	8,23b	10,22c	9,17c	9,32
	Médias	13,21	12,52	12,62	13,21	13,32	12,98
	C.V. 1 (%)	3,61					
	C.V. 2 (%)	3,29					

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

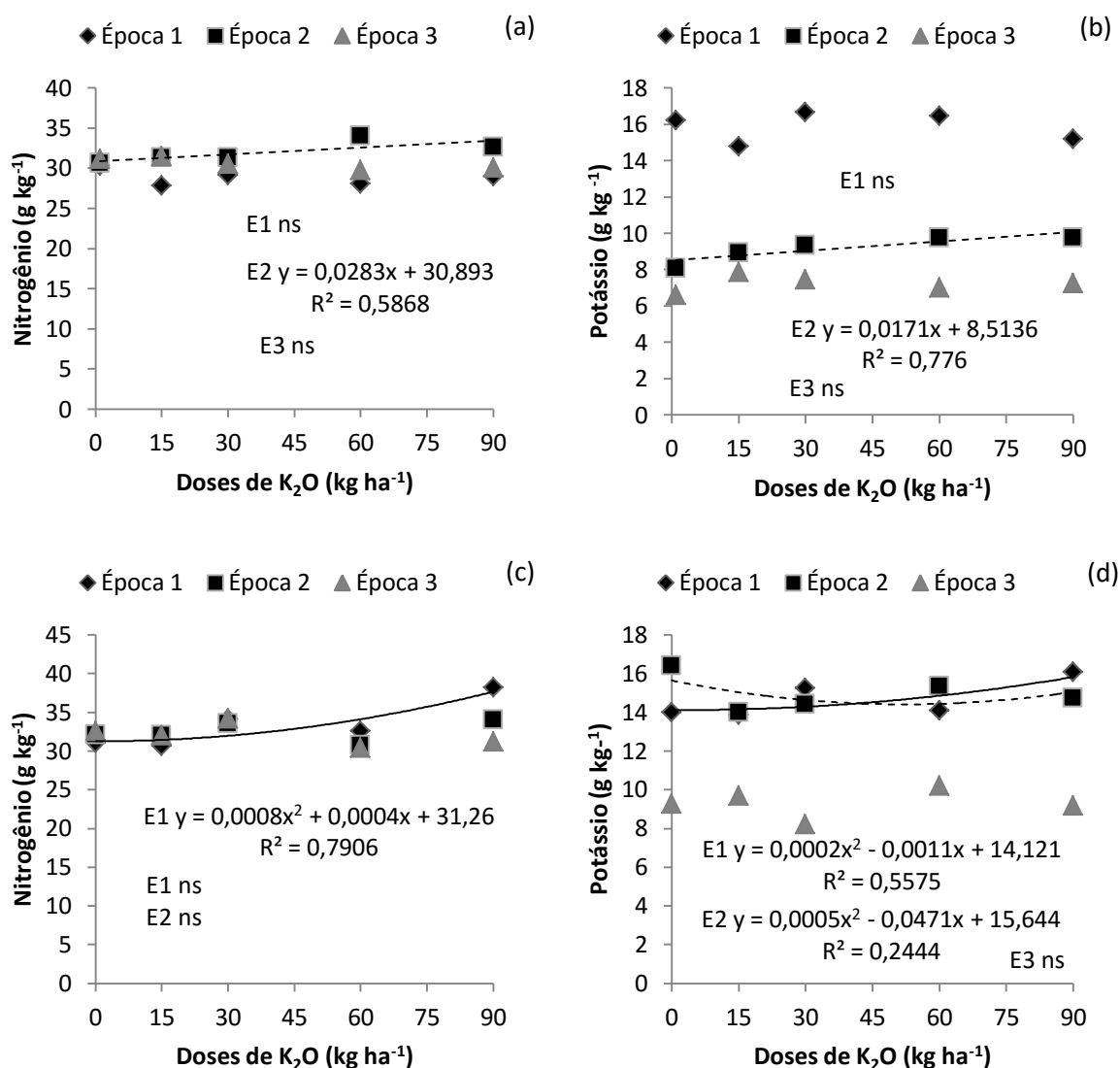


Figura 13. Concentração de nitrogênio e potássio em sementes de crambe, provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 em 2013 (a;b) e cultivo 2 em 2014 (c;d).

O potássio é importante para a germinação das sementes, uma vez que atua diretamente no metabolismo das proteínas e na atividade enzimática (MARCOS FILHO, 2005). Prates et al. (2014) em casa de vegetação em solo que continha 0,01cmol_c dm⁻³ de potássio e colheita realizada 90 dias após a semeadura, detectaram teor de 51,29g kg⁻¹ de nitrogênio, 6,85g kg⁻¹ de fósforo e 5,87g kg⁻¹ de potássio nas sementes de crambe. Vasquez et al. (2014) em solo que continha 0,13cmol_c dm⁻³ de potássio, adubação de 20kg ha⁻¹ de N, 40kg ha⁻¹ de K e 75kg ha⁻¹ de P, e colheita realizada 93 dias após a semeadura, observaram teor de 28,77g kg⁻¹ de nitrogênio, 7,45g kg⁻¹ de fósforo e 7,68g kg⁻¹ de potássio nas sementes de crambe. Soratto et al. (2013) em solo que continha 0,02cmol_c dm⁻³ de potássio, observaram que na ausência da adubação a concentração de nutrientes nas sementes de crambe nos anos de 2010 e 2011 foi de 34,5g kg⁻¹ e 39,3g kg⁻¹ de nitrogênio; 5,1g kg⁻¹ e 5,8g kg⁻¹ de fósforo e 17,5g kg⁻¹ e 7,9g kg⁻¹ de potássio, respectivamente. Mauad et al. (2013) em solo que apresentava 0,87cmol_c dm⁻³ de potássio, puderam determinar a concentração de nutrientes nas sementes colhidas aos 70 e 84 dias após a emergência, com 19,1g kg⁻¹ e 19,1g kg⁻¹ de nitrogênio, 6,9 e 5,8g kg⁻¹ de fósforo e 1,6g kg⁻¹ e 1,0g kg⁻¹ de potássio, respectivamente. Para

os autores a baixa concentração de potássio é devida a alta mobilidade do nutriente na planta em qualquer nível de concentração, sendo remobilizado para as folhas mais jovens.

A concentração de macronutrientes nas sementes de crambe é variável nos trabalhos encontrados na literatura de acordo com o teor destes nutrientes presentes no solo, onde uma menor concentração de potássio no solo favorece uma maior resposta a adubação potássica pela planta (MEURER, 2006). No experimento realizado em 2013, a concentração de potássio nas sementes colhidas na primeira época (média de $15,87\text{g kg}^{-1}$) foi superior a diversos experimentos com crambe que apresentaram valores entre $5,87$ a $12,67\text{g kg}^{-1}$, apesar do teor inicial de potássio no solo ser classificado como alto ($0,26\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$), indicando uma alta exportação de potássio pelas sementes de crambe (FREIRE et al., 2013).

4.3.2 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes após seis meses de armazenamento

4.3.2.1 Germinação

Em relação à germinação, pelos resultados da análise de variância das sementes de crambe após seis meses armazenamento no cultivo de 2013, foi constatado que houve efeito significativo de épocas de colheita na germinação, porcentagem de plântulas anormais deformadas e infeccionadas e de sementes não germinadas em substrato umedecido com água destilada (Anexo 11). As sementes colhidas na segunda e terceira épocas, em 2013, apresentaram maior germinação em substrato umedecido em água destilada, independente da adubação potássica, provavelmente, devido a menor porcentagem de plântulas anormais deformadas e infeccionadas e de sementes não germinadas (Tabela 21). Desta forma, pode ser que as sementes que tenham atingido a maturidade fisiológica por ocasião da avaliação inicial e instalação da dormência, tiveram a superação desta. Os valores de germinação das sementes colhidas nas três épocas, em 2013, estão acima do padrão de comercialização, que é de 60% (BRASIL, 2013).

Em 2014, houve efeito significativo de épocas de colheita na germinação e porcentagem de plântulas anormais deformadas e infeccionadas e, não houve efeito significativo de tratamentos (épocas de colheita e doses de K_2O) na porcentagem de sementes não germinadas em substrato umedecido com água destilada (Anexo 11).

As sementes colhidas na terceira época, em 2014, apresentaram maior germinação em substrato umedecido com água destilada, independente da adubação potássica, possivelmente, devido a menor porcentagem de plântulas anormais deformadas e infeccionadas (Tabela 21). Os valores de germinação das sementes colhidas nas três épocas, em 2013, estão acima do padrão de comercialização, que é de 60% (BRASIL, 2013).

Ao avaliar o teste de germinação em substrato umedecido com KNO_3 , em 2013, foi observado efeito significativo de épocas de colheita na germinação, porcentagem de plântulas anormais deformadas e infeccionadas e de sementes não germinadas (Anexo 12).

As sementes colhidas na terceira época, em 2013, apresentaram maior germinação em substrato umedecido com KNO_3 , independente da adubação potássica, provavelmente, devido a menor porcentagem de plântulas anormais deformadas e infeccionadas, porém não diferiu estatisticamente da segunda época e, da menor porcentagem de sementes não germinadas (Tabela 22).

Em 2014, houve efeito significativo de épocas de colheita na germinação e porcentagem de plântulas anormais deformadas e infeccionadas e, não houve efeito significativo de tratamentos (épocas de colheita e doses de K_2O) na porcentagem de sementes não germinadas em substrato umedecido com KNO_3 (Anexo 12). As sementes colhidas na terceira época, em 2014, apresentaram maior germinação em substrato umedecido com KNO_3 , independente da adubação potássica, provavelmente, devido a menor porcentagem de plântulas anormais deformadas e infeccionadas e sementes não germinadas (Tabela 22).

Tabela 21. Dados médios, em porcentagem, de germinação, plântulas anormais deformadas e infeccionadas e sementes não germinadas obtidas no teste de germinação com substrato umedecido com água destilada (H₂O), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014), após o armazenamento.

Épocas de colheita		Adubação (kg ha ⁻¹)					Médias
		0	15	30	60	90	
Germinação H ₂ O (%)							
1	Cultivo 1	88	84	83	82	85	84c
2		96	94	94	85	95	93b
3		97	96	91	98	98	96a
Médias		94	91	89	88	93	91
C.V. 1 (%)	39,95						
C.V. 2 (%)	37,65						
1	Cultivo 2	85	84	79	84	76	82b
2		86	81	86	90	80	85b
3		92	90	92	93	83	90a
Médias		88	85	86	89	80	85
C.V. 1 (%)	52,16						
C.V. 2 (%)	47,63						
Plântulas anormais deformadas e infeccionadas H ₂ O (%)							
1	Cultivo 1	7	8	14	11	10	10a
2		1	2	3	11	2	4b
3		1	1	6	0	0	2c
Médias		3	4	8	8	4	5
C.V. 1 (%)	7,97						
C.V. 2 (%)	8,25						
1	Cultivo 2	6	7	9	5	8	7a
2		7	7	9	7	10	8a
3		2	5	2	1	4	3b
Médias		5	6	7	4	8	6
C.V. 1 (%)	21,94						
C.V. 2 (%)	20,10						
Sementes não germinadas H ₂ O (%)							
1	Cultivo 1	5	8	3	7	5	6a
2		3	4	2	4	3	3ab
3		2	4	3	2	1	2b
Médias		3	5	3	4	3	4
C.V. 1 (%)	6,24						
C.V. 2 (%)	4,85						
1	Cultivo 2	9	10	13	11	16	12a
2		7	12	5	4	9	7a
3		6	5	5	6	13	7a
Médias		7	9	8	7	13	9
C.V. 1 (%)	11,33						
C.V. 2 (%)	12,23						

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Tabela 22. Dados médios, em porcentagem, de germinação, plântulas anormais deformadas e sementes não germinadas, obtidas no teste de germinação com substrato umedecido com nitrato de potássio (KNO₃), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na sementeira e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014), após o armazenamento.

Épocas de colheita		Adubação (kg ha ⁻¹)					Médias
		0	15	30	60	90	
		Germinação KNO ₃ (%)					
1	Cultivo 1	68	70	70	70	70	69c
2		87	82	89	80	90	86b
3		93	81	96	97	94	92a
Médias		83	78	85	82	85	82
C.V. 1 (%)	14,59						
C.V. 2 (%)	7,48						
1	Cultivo 2	77	74	65	74	70	72c
2		76	73	78	86	75	78b
3		88	89	85	87	82	86a
Médias		81	79	76	82	76	79
C.V. 1 (%)	21,15						
C.V. 2 (%)	16,90						
		Plântulas anormais deformadas KNO ₃ (%)					
1	Cultivo 1	28	26	26	26	26	27a
2		9	13	8	18	7	11b
3		4	16	2	1	3	5b
Médias		14	18	12	15	12	14
C.V. 1 (%)	76,91						
C.V. 2 (%)	43,44						
1	Cultivo 2	14	13	23	16	16	16a
2		16	17	15	10	16	15a
3		5	6	7	8	5	6b
Médias		12	12	15	11	13	13
C.V. 1 (%)	2,86						
C.V. 2 (%)	1,87						
		Sementes não germinadas KNO ₃ (%)					
1	Cultivo 1	32	30	30	30	30	31a
2		13	18	11	20	10	14b
3		7	19	4	3	6	8c
Médias		17	22	15	18	15	18
C.V. 1 (%)	68,18						
C.V. 2 (%)	34,98						
1	Cultivo 2	8	14	12	10	14	12a
2		8	10	6	4	8	7a
3		6	5	8	5	13	7a
Médias		8	9	9	7	12	9
C.V. 1 (%)	7,82						
C.V. 2 (%)	8,53						

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Comparando os valores da germinação em substrato umedecido com KNO₃ com a germinação em substrato umedecido com água destilada após o armazenamento, no cultivo em 2013, foi observado efeito significativo da interação entre sistemas de condução do teste

(água destilada e nitrato de potássio) na porcentagem de germinação (Anexo 14), onde na primeira e segunda época de colheita, a germinação com KNO_3 foi menor do que com água destilada, possivelmente, devido à ação do KNO_3 que deve ter causado condições de estresse, que prejudicam a germinação das sementes que não estavam dormentes no momento da colheita ou ainda devido às sementes já terem superado a dormência pelo próprio armazenamento (Tabela 23).

Tabela 23. Dados médios, em porcentagem, de germinação em substrato umedecido com água destilada (H_2O) e com nitrato de potássio (KNO_3), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013), após o armazenamento.

Tratamentos	Épocas	Adubação					Médias
		0	15	30	60	90	
H_2O	1	88	84	83	82	85	84a
	2	96	94	94	85	95	93a
	3	97	96	91	98	98	96a
Médias		94	91	89	88	93	91
KNO_3	1	68	70	70	70	70	69b
	2	87	82	89	80	90	86b
	3	93	81	96	97	94	92a
Médias		83	78	85	82	85	82
C.V. 1 (%)	6,47						
C.V. 2 (%)	10,71						
C.V. 3 (%)	6,79						

Médias seguidas pela mesma letra, entre tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Comparando a germinação em substrato umedecido com água destilada na avaliação inicial e após o armazenamento, pode-se constatar que houve efeito significativo da interação entre momentos de avaliação da qualidade fisiológica (inicial e após o armazenamento) para porcentagem de germinação (Anexo 15), nos dois anos de cultivo. A porcentagem da germinação das sementes da segunda e terceira colheitas no cultivo em 2013 e, nas três épocas de colheita em 2014 foram superiores após o armazenamento, demonstrando que o armazenamento em câmara climatizada pode ter sido eficiente para a superação da dormência em sementes de crambe, devido às condições (temperatura e umidade relativa do ar) e tempo de armazenamento (Tabelas 24 e 25). Costa et al. (2012) também observaram maior germinação de sementes de crambe após seis meses de armazenamento em câmara climatizada do que na avaliação inicial, devido à superação da dormência. Para os autores, a baixa umidade relativa do ar, durante o armazenamento favorece a superação da dormência.

Tabela 24. Dados médios, em porcentagem, de germinação em substrato umedecido com água destilada, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na sementeira e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013), na avaliação inicial e após o armazenamento.

Avaliações	Épocas	Adubação					Médias
		0	15	30	60	90	
inicial	1	90	71	83	78	87	82a
	2	90	84	78	83	87	84b
	3	71	50	72	52	57	61b
Médias		84	68	78	71	77	76
armazenamento	1	88	84	83	82	85	84a
	2	96	94	94	85	95	93a
	3	97	96	91	98	98	96a
Médias		94	91	89	88	93	91
C.V. 1 (%)	11,80						
C.V. 2 (%)	11,69						
C.V. 3 (%)	10,60						

Médias seguidas pela mesma letra, entre tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 25. Dados médios, em porcentagem, de germinação em substrato umedecido com água destilada, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na sementeira e diferentes épocas de colheita, no cultivo 2 (2014), na avaliação inicial e após o armazenamento.

Avaliações	Épocas	Adubação					Médias
		0	15	30	60	90	
inicial	1	77	74	63	71	62	69b
	2	74	62	66	69	66	67b
	3	49	50	50	45	49	49b
Médias		67	62	60	62	59	62
armazenamento	1	85	84	79	84	76	82a
	2	86	81	86	90	80	85a
	3	92	90	92	93	83	90a
Médias		88	85	86	89	80	85
C.V. 1 (%)	8,41						
C.V. 2 (%)	9,11						
C.V. 3 (%)	10,58						

Médias seguidas pela mesma letra, entre tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

4.3.2.2 Vigor

Na avaliação do vigor, em 2013, foi verificado efeito significativo da interação entre épocas de colheita e doses de K_2O na primeira contagem do teste de germinação em substrato umedecido com água destilada e com KNO_3 e no envelhecimento acelerado e, efeito significativo de épocas de colheita na condutividade elétrica (Anexo 13). No cultivo em 2013, as sementes colhidas na terceira época apresentaram maior vigor, avaliado pela primeira contagem em substrato umedecido realizado com água destilada e com KNO_3 e pelo teste de germinação após o envelhecimento acelerado, quando provenientes de plantas adubadas com $60 \text{ kg de } K_2O \text{ ha}^{-1}$, assim como pelo teste de condutividade elétrica, independente da adubação potássica (Tabelas 26 e 27). Rossetto et al. (1997) observaram que adubação potássica (40 kg ha^{-1}) da planta mãe favoreceu a germinação e o vigor das sementes de canola, após o armazenamento, avaliado pela primeira contagem da germinação, de 54% sem adubação para 63% com adubação potássica.

Os resultados obtidos da primeira contagem da germinação em substrato umedecido com água destilada das sementes colhidas na terceira época são superiores aos observados por Santos e Rossetto (2013), que apresentaram valores entre 57 e 82%, sugerindo que neste trabalho a adubação potássica da planta mãe pode ter favorecido o vigor das sementes de crambe, após o armazenamento.

Comparando os resultados da avaliação inicial e após o armazenamento do teste de primeira contagem da germinação com substrato umedecido com água destilada, em 2013, pode-se observar efeito significativo da interação entre momentos de avaliação da qualidade fisiológica (inicial e após o armazenamento) na porcentagem de plântulas normais na primeira contagem da germinação (Anexo 15). Assim, houve aumento da porcentagem de plântulas normais após o armazenamento, nas três épocas de colheita, provavelmente, devido à superação da dormência (Tabela 28).

O modelo quadrático se ajustou aos dados da segunda época de colheita de primeira contagem em substrato umedecido com água destilada, com redução da porcentagem até a dose de $60 \text{ kg de } K_2O \text{ ha}^{-1}$, e posterior aumento (Figura 14a). Nenhum dos modelos avaliados se ajustou aos dados de primeira contagem em substrato umedecido com KNO_3 (Figura 14b). O modelo quadrático se ajustou aos dados de envelhecimento acelerado, na segunda época de colheita houve redução da porcentagem até a dose de $60 \text{ kg de } K_2O \text{ ha}^{-1}$, com posterior aumento e, na terceira época de colheita ocorreu aumento da porcentagem até a dose de $60 \text{ kg de } K_2O \text{ ha}^{-1}$, seguido de um declínio na porcentagem (Figura 15).

Ao comparar os resultados obtidos após o armazenamento com os da avaliação inicial, no cultivo em 2013, foi observado efeito significativo da interação entre momentos de avaliação da qualidade fisiológica (inicial e após o armazenamento) para condutividade elétrica (Anexo 15). Houve maiores valores de condutividade elétrica, nas três épocas avaliadas, após o armazenamento, demonstrando que pode ter havido aumento do pericarpo à medida que as sementes atingiram a maturidade fisiológica (dificultando a perda de lixiviados e/ou perda de potássio), ou ainda menor teor de água destas sementes, diminuindo perda de lixiviados (Tabela 29). Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Costa et al. (2012). Estes autores estudaram a qualidade de sementes de crambe armazenadas em câmara climatizada por doze meses e, observaram aumento nos valores de condutividade elétrica durante o período de armazenamento a partir do quarto mês, indicando que as condições de armazenamento fornecidas pela câmara climatizada não foram suficientes para a conservação do vigor das sementes, demonstrada pelo aumento da lixiviação de eletrólitos.

Tabela 26. Dados médios, em porcentagem, de plântulas normais na primeira contagem da germinação obtidos no teste de germinação com substrato umedecido com água destilada (H₂O) e com nitrato de potássio (KNO₃) e condutividade elétrica, em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014), após o armazenamento.

Épocas de colheita		Adubação (kg ha ⁻¹)					Médias
		0	15	30	60	90	
Primeira contagem da germinação H ₂ O (%)							
1	Cultivo 1	53b	53b	50b	55b	61b	54
2		82a	86a	74a	61b	73b	75
3		89a	92a	73a	93a	89a	87
Médias		75	77	66	70	74	72
C.V. 1 (%)	15,38						
C.V. 2 (%)	12,61						
1	Cultivo 2	64	66	56	66	59	62b
2		60	57	57	60	48	57b
3		79	68	76	80	71	75a
Médias		68	64	63	69	59	54
C.V. 1 (%)	32,66						
C.V. 2 (%)	35,72						
Primeira contagem da germinação KNO ₃ (%)							
1	Cultivo 1	32c	29a	30b	33b	26c	30
2		54b	38a	57a	38b	49b	47
3		72a	42a	67a	68a	66a	63
Médias		53	36	51	46	47	47
C.V. 1 (%)	27,70						
C.V. 2 (%)	13,91						
1	Cultivo 2	39	43	28	40	39	38b
2		46	40	40	52	40	44b
3		65	61	59	64	58	61a
Médias		50	48	42	52	46	47
C.V. 1 (%)	19,06						
C.V. 2 (%)	11,64						
Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)							
1	Cultivo 1	727,06	762,71	802,57	803,24	718,97	762,91a
2		357,93	361,67	497,54	368,67	376,07	392,38b
3		291,36	252,00	314,07	257,71	223,09	267,65c
Médias		458,78	458,79	538,06	476,54	439,38	474,31
C.V. 1 (%)	15,51						
C.V. 2 (%)	10,48						
1	Cultivo 2	597,68	634,03	576,87	587,68	633,45	605,94a
2		583,93	587,88	521,29	536,25	601,22	566,11a
3		236,24	292,71	311,98	229,34	266,82	267,42b
Médias		472,62	504,87	470,05	451,09	500,50	479,82
C.V. 1 (%)	15,36						
C.V. 2 (%)	18,30						

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Tabela 27. Dados médios, em porcentagem, de plântulas normais após exposição ao envelhecimento acelerado, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014), após o armazenamento.

Épocas de colheita		Adubação (kg ha ⁻¹)					Médias
		0	15	30	60	90	
		Envelhecimento acelerado (%)					
1	Cultivo 1	60b	56b	65b	51b	61b	59
2		75a	87a	66b	62b	72ab	72
3		79a	88a	87a	92a	76a	85
Médias		71	77	73	68	70	72
C.V. 1 (%)	36,55						
C.V. 2 (%)	18,59						
1	Cultivo 2	63	58	52	62	55	58b
2		62	58	62	66	56	61b
3		73	72	84	83	79	78a
Médias		66	63	66	70	63	66
C.V. 1 (%)	12,86						
C.V. 2 (%)	10,94						

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Tabela 28. Dados médios, em porcentagem, de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação em substrato umedecido com água destilada, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013), na avaliação inicial e após o armazenamento.

Avaliações	Épocas	Adubação					Médias
		0	15	30	60	90	
inicial	1	52	25	45	26	51	40b
	2	58	78	64	60	67	65b
	3	52	44	60	43	47	49b
Médias		54	49	56	43	55	51
armazenamento	1	53	53	50	55	61	54a
	2	82	86	74	61	73	75a
	3	89	92	73	93	89	87a
Médias		75	77	66	70	74	72
C.V. 1 (%)	30,0						
C.V. 2 (%)	19,76						
C.V. 3 (%)	18,18						

Médias seguidas pela mesma letra, entre tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

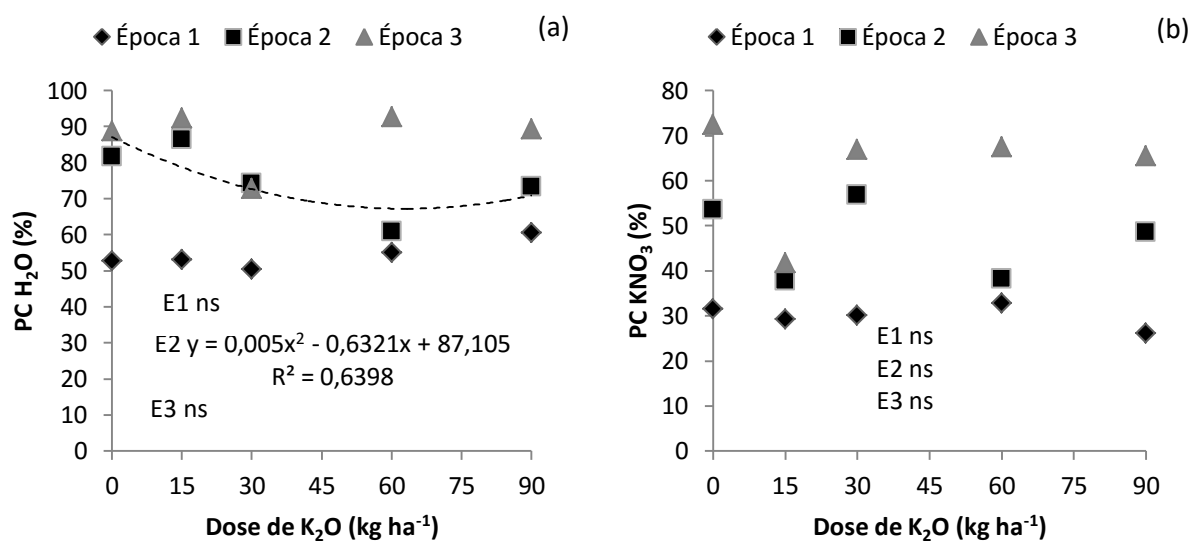


Figura 14. Primeira contagem da germinação, obtida no teste de germinação com substrato umedecido com água destilada (a) e nitrato de potássio (b), de sementes de crambe proveniente de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na sementeira e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013). Avaliação após seis meses de armazenamento.

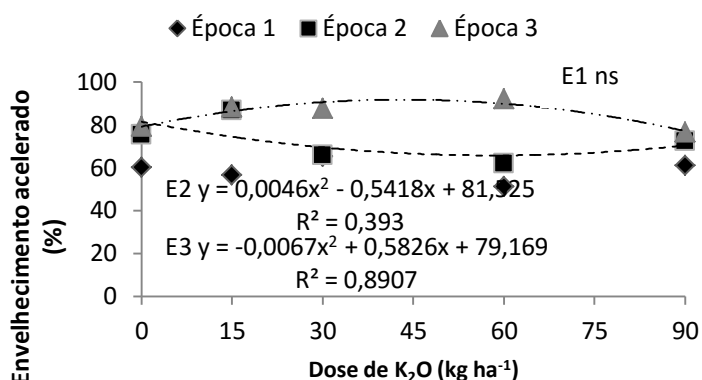


Figura 15. Plântulas normais após exposição ao envelhecimento acelerado de sementes de crambe, proveniente de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na sementeira e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013). Avaliação após seis meses de armazenamento.

Avaliando o vigor no cultivo em 2014, foi constatado que houve efeito significativo de épocas de colheita na primeira contagem da germinação em substrato umedecido com água destilada e com KNO₃, na condutividade elétrica e no envelhecimento acelerado (Anexo 12).

As sementes colhidas na terceira época, em 2014, apresentaram maior vigor, avaliado pelos testes de primeira contagem em substrato umedecido com água destilada e com KNO₃, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado, independente da adubação potássica, (Tabelas 26 e 27).

Comparando a avaliação inicial com a avaliação após o armazenamento, em 2014, foi observado efeito significativo da interação entre momentos de avaliação da qualidade fisiológica (inicial e após o armazenamento) na porcentagem de plântulas normais na primeira contagem da germinação (Anexo 15). Houve maior porcentagem de plântulas normais na primeira contagem em substrato umedecido com água destilada após o armazenamento, nas três épocas de colheita, provavelmente devido à superação da dormência (Tabela 30). Masetto

et al. (2013) estudando o armazenamento de sementes de crambe (0 a 180 dias) também constataram aumento da porcentagem de plântulas normais na primeira contagem da germinação com o armazenamento (48% aos 30 dias e 62% aos 180 dias de armazenamento).

Tabela 29. Dados médios, em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$, de condutividade elétrica, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013), na avaliação inicial e após o armazenamento.

Avaliações	Épocas	Adubação					Médias
		0	15	30	60	90	
inicial	1	526,97	607,77	574,34	623,63	605,15	587,57b
	2	260,31	302,54	356,45	307,14	325,08	310,30b
	3	253,70	223,20	234,70	244,33	217,18	234,62a
Médias		346,99	377,20	388,50	391,70	382,47	377,50
armazenamento	1	727,06	762,71	802,57	803,24	718,97	762,91a
	2	357,93	361,67	497,54	368,67	376,07	392,38a
	3	291,36	252,00	314,07	257,71	223,09	267,65a
Médias		458,78	458,79	538,06	476,54	439,38	474,31
C.V. 1 (%)	3,97						
C.V. 2 (%)	25,73						
C.V. 3 (%)	16,36						

Médias seguidas pela mesma letra, entre tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 30. Dados médios, em porcentagem, de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação em substrato umedecido com água destilada, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 2 (2014), na avaliação inicial e após o armazenamento.

Avaliações	Épocas	Adubação					Médias
		0	15	30	60	90	
inicial	1	52	57	48	50	45	50b
	2	49	37	35	38	39	40b
	3	42	43	42	38	38	41b
Médias		48	46	42	42	41	44
armazenamento	1	64	66	56	66	59	62a
	2	60	57	57	60	48	57a
	3	79	68	76	80	71	75a
Médias		68	64	63	69	59	64
C.V. 1 (%)	16,92						
C.V. 2 (%)	15,59						
C.V. 3 (%)	17,51						

Médias seguidas pela mesma letra, entre tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Ao comparar os resultados obtidos após o armazenamento com a avaliação inicial, no cultivo em 2014, foi observado efeito significativo da interação entre momentos de avaliação da qualidade fisiológica (inicial e após o armazenamento) para porcentagem de plântulas normais após a exposição ao período de envelhecimento (Anexo 15). Houve maior

porcentagem de plântulas normais das sementes colhidas na segunda e terceira épocas, provavelmente, pode ser devido à superação da dormência (Tabela 31).

Tabela 31. Dados médios, em porcentagem, de plântulas normais após a exposição ao envelhecimento acelerado, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 2 (2014), na avaliação inicial e após o armazenamento.

Avaliações	Épocas	Adubação					Médias
		0	15	30	60	90	
inicial	1	69	66	65	67	57	65a
	2	63	56	60	64	52	59a
	3	66	68	68	63	57	64b
Médias		66	63	64	65	55	63
armazenamento	1	63	58	52	62	55	58b
	2	62	58	62	66	56	61a
	3	73	72	84	83	79	78a
Médias		66	63	66	70	63	66
C.V. 1 (%)	6,73						
C.V. 2 (%)	12,05						
C.V. 3 (%)	10,95						

Médias seguidas pela mesma letra, entre tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

4.4 CONCLUSÕES

As sementes de crambe colhidas na terceira época, quando avaliadas após a colheita (avaliação inicial), apresentam menor germinação, sem tratamento para superação de dormência, independente da adubação potássica, nos dois anos de cultivo, indicando que as sementes já tinham atingido a maturidade fisiológica e que os mecanismos de superação de dormência já estavam presentes.

Após seis meses de armazenamento, as sementes de crambe colhidas na terceira época apresentam maior germinação, sem tratamento para superação de dormência, independente da adubação potássica, nos dois cultivos.

O armazenamento contribuiu para superar a dormência das sementes colhidas na terceira época, nos dois cultivos, independente da adubação potássica.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁVILA, M.R.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; ALBRECHT, L.P. Adubação potássica em canola e seu efeito no rendimento e na qualidade fisiológica e sanitária das sementes. **Acta Scientiarum**, v.26, n.4, p.475-481, 2004.
- BOTELHO, B. A.; PEREZ, S. C. J. G. A. Estresse hídrico e reguladores de crescimento na germinação de sementes de *Canafistula*. **Scientia agrícola**, v.58, n.1, p.43-49, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária. **Portaria nº 16**, de 25 de Janeiro de 2013. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Seção1, 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 365p.
- CARLSSON, A.S. **Production of was esters in Crambe**. 2006. CNAP: University of York.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 588p.
- COSTA, L.M.; RESENDE, O.; GONÇALVES, D.N.; RIGO, A.D. Crambe seeds quality during storage in several conditions. **African Journal of Agricultural Research**, v.8, n.14, p.1258-1264, 2013.
- COSTA, L.M.; RESENDE, O.; GONÇALVES, D.N.; SOUSA, K.A. Qualidade dos frutos de crambe durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.2, p.239-301, 2012a.
- COSTA, L.M.; RESENDE, O.; GONÇALVES, D.N.; SOUSA, K.A.; SALES, J.F.; DONADON, J.R. The influence of drying on the physiological quality of crambe fruits. **Acta Scientiarum**, v.34, n.2, p.213-218, 2012b.
- COSTA, F.P.; MARTINS, L.D.M.; LOPES, J.C. Frequência de germinação de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.) sob influência de tratamentos pré-germinativos e de temperaturas. **Nucleus**, v.7, n.2, p.185-194, 2010.
- FARIA, R.Q.; TEIXEIRA, I.R.; CUNHA, D.A.; HONORATO, J.M.; DEVILLA, I.A. Qualidade fisiológica de sementes de crambe submetidas à secagem. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.3, p.453-460, 2014.
- FREIRE, L.R.; BALIEIRO, F.C.; ZONTA, E.; ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; LIMA, E.; GUERRA, J.G.M.; FERREIRA, M.B.C.; LEAL, M.A.A.; CAMPOS, D.V.B.; POLIDORO, J.C. **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, DF: Embrapa; Seropédica, RJ: Editora Universidade Rural, 2013. 430p.
- GUTORMSON, T.J.; LARSON, K.L.; WAQAR, T. Germination of freshly harvested and after-ripened crambe (*Crambe abyssinica* Hochst. EX. R.E. FRIES) seed. **Journal of Seed Technology**, v.16, n.1/2, 1992.
- KNIGHTS, E. G. **Crambe: A North Dakota case study**. Dakota, v. 02/005, 2002. 25p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MARTINS, L.D.; COSTA, F.P.; LOPES, J.C.; RODRIGUES, W.N. Influence of pre-germination treatments and temperature on the germination of crambe seeds (*Crambe abyssinica* Hochst). **IDESIA** (Chile), v.30, n.3, p.23-28, 2012.
- MASETTO, T.E.; GORDIN, C.R.B.; ANEXOS, J.B.; REZENDE, R.K.S.; SCALON, S.P.Q. Armazenamento de sementes de *Crambe abyssinica* Hochst. Ex R.E.Fr. em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Ceres**, v.60, n.5, p.646-652, 2013.

MAUAD, M.; GARCIA, R.A.; VITORINO, A.C.T.; SILVA, R.M.M.F.; GARBIATE, M.V.; COELHO, L.C.F. Matéria seca e acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas de crambe. **Ciência Rural**, v.43, n.5, p.771-778, 2013.

MEURER, E.J. **Potássio**. In: FERNANDES, M.S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432p.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.2.24.

NELSON, L.A.; GROMBACHER, A.; BALTENSBERGER, D.D. **Crambe Production**. University of Nebraska, 1993.

OLIVA, A.C.E. **Qualidade de sementes de crambe submetidas a métodos de secagem e períodos de armazenamento**. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2010. 78f.

OLIVEIRA, M.B.; DAVID, A.M.S.S.; AMARO, H.T.R.; ASSIS, M.O.; RODRIGUES, B.R.A.; ASPIAZÚ, I.; CARVALHO, A.J. Épocas de colheita e qualidade fisiológica de sementes de crambe. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.4, p.1785-1792, 2014.

OLIVEIRA, R.C. AGUIAR, C.Ç.; VIECELLI, C.A.; PRIMIERI, C.; BARTH, E.F.; BLEIL JUNIOR, H.G.; SANDERSON, K.; ANDRADE, M.A.A.; VIANA, O.H.; SANTOS, R.F.; PARIZOTTO, R.R. **Cultura do Crambe**. Cascavel: ASSOESTE, 2013. 70p. (Boletim Técnico).

OPLINGER, E.S.; OELKE, E.A.; KAMINSKI, A.R.; PUTNAM, D.H.; TEYNOR, T.M.; DOLL, J.D.; KELLING, K.A.; DURGAN, B.R.; NOETZEL, D.M. **Crambe, Alternative Field Crops Manual**. 2000.

PITOL, C. **Cultura do Crambe**. In: Fundação MS. Tecnologia e Produção: milho safrinha e culturas de inverno. Maracaju, MS, 2008. p. 85-88.

PRATES, F.B.S. GENUNCIO, G.C.; FERRARI, A.C.; NASCIMENTO, E.C.; ALVEZ, G.Z.; PALERMO, D.P.; ZONTA, E. Acúmulo de nutrientes e produtividade de crambe em função da fertilização com torta de mamona e serpentinito. **Ciência Rural**, v.44, n.5, p.810-816, 2014.

RAMOS, D.P.; CASTRO, A.F.; CAMARGO, M.N. Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.8, p.1-27, 1973.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG**. 19.ed. Viçosa: UFV, 2001. 301p.

ROSSETTO, C.A.V.; NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A. Efeito da adubação potássica e da época de colheita na qualidade fisiológica de sementes de canola (*Brassica napus* L. var. oleífera Metzg.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, n.2, p.348-353, 1997.

SANTOS, L.A.S.; ROSSETTO, C.A.V. Testes de vigor em sementes de Crambe abyssinica. **Ciência Rural**, v.43, n.2, p.233-238, 2013.

SILVA, L.J.; DIAS, C.F.S.; DIAS, L.A.S.; HILST, P.C. Physiological quality of *Jatropha curcas* L. seeds harvested at different development stages. **Seed Science and Technology**, v.39, n.3, p.572-580, 2011.

SORATTO, R.P.; SOUZA-SCHLICK, G.D.; FERNANDES, A.M.; SOUZA, E.F.C. Effect of fertilization at sowing on nutrition and yield of crambe in second season. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.658-666, 2013.

VASQUEZ, G.H.; LAZARINI, E.; CAMARGO, F.P.; FERREIRA, R.B.; PERES, A.R. Produtividade, qualidade fisiológica e composição química de sementes de crambe em diferentes doses de fósforo. **Bioscience Journal**, v.30, n.3, p.707-714, 2014.

5 CONCLUSÕES GERAIS

Para a produção de sementes de crambe em Seropédica-RJ, tem-se que a maior produção de sementes por planta, em 2013, ocorre na colheita aos 85 dias após a semeadura de plantas adubadas na semeadura com 60 kg de K_2O ha^{-1} e, em 2014, na colheita aos 88 e 95 dias após a semeadura de plantas adubadas na semeadura com 90 kg de K_2O ha^{-1} .

Na avaliação da qualidade fisiológica das sementes de crambe em Seropédica-RJ após a colheita (avaliação inicial), tem-se que quando a colheita é realizada aos 95 e 103 dias após a semeadura as sementes apresentam menor germinação, sem tratamento para superação de dormência, independente da adubação potássica, nos dois anos de cultivo, indicando que as sementes já tinham atingido a maturidade fisiológica e que os mecanismos de superação de dormência já estavam presentes.

E na avaliação da qualidade fisiológica das sementes de crambe em Seropédica-RJ após seis meses de armazenamento, tem-se que quando a colheita é realizada aos 95 e 103 dias após a semeadura as sementes apresentam maior germinação, sem tratamento para superação de dormência, independente da adubação potássica, nos dois anos de cultivo.

O armazenamento favorece a superação da dormência de sementes de crambe colhidas aos 95 e 103 dias após a semeadura, nos dois cultivos, independente da adubação potássica.

ANEXOS

Anexo 1. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de população inicial e final de plantas de crambe (unidade $m\ linear^{-1}$), no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Anexo 2. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de comprimento da haste principal (cm), diâmetro da haste (mm), número de folhas (unidade), massa de matéria seca da parte aérea e de folhas (g) de plantas de crambe, em resposta a doses de K_2O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Anexo 3. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de números de ramos primários, secundários, terciários e total (unidade) por planta de crambe, em resposta a doses de K_2O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Anexo 4. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de produtividade de sementes ($kg\ ha^{-1}$), produção de sementes ($g\ planta^{-1}$), número de sementes (unidade) e massa de 100 sementes (g) por planta de crambe, em resposta a doses de K_2O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Anexo 5. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de produção de sementes na haste principal e nos ramos primários, secundários e terciários ($g\ planta^{-1}$) por planta de crambe, em resposta a doses de K_2O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Anexo 6. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de números de sementes na haste principal e nos ramos primários, secundários e terciários (unidade) por planta de crambe, em resposta a doses de K_2O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Anexo 7. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de peso de mil sementes (PM), porcentagem de germinação (GERM), plântulas anormais deformadas (PAD) e sementes não germinadas (SNG), obtidas no teste de germinação com substrato umedecido com água destilada, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Anexo 8. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de porcentagem de germinação (GERM KNO_3), plântulas anormais deformadas (PAD KNO_3) e sementes não germinadas (SNG KNO_3) com KNO_3 , obtidas no teste de germinação com substrato umedecido com KNO_3 , de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Anexo 9. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de porcentagem de plântulas normais na primeira contagem da germinação com substrato umedecido com água destilada (PC H_2O), de plântulas normais na primeira contagem da germinação com substrato umedecido com KNO_3 (PC KNO_3), condutividade elétrica (CE) e de plântulas normais após envelhecimento acelerado (EA), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a

diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Anexo 10. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de concentração de nitrogênio, fósforo e potássio em sementes de crambe, provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Anexo 11. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de porcentagem de germinação (GERM), plântulas anormais deformadas (PAD) e sementes não germinadas (SNG), obtidas no teste de germinação com substrato umedecido com água destilada, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, após o armazenamento do cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Anexo 12. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de porcentagem de germinação (GERM KNO_3), plântulas anormais deformadas (PAD KNO_3) e sementes não germinadas (SNG KNO_3), obtidas no teste de germinação com substrato umedecido com KNO_3 , de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, após o armazenamento do cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Anexo 13. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de porcentagem de plântulas normais na primeira contagem da germinação com substrato umedecido com água destilada (PC H_2O), de plântulas normais na primeira contagem da germinação com substrato umedecido com KNO_3 (PC KNO_3), condutividade elétrica (CE) e de plântulas normais após envelhecimento acelerado (EA), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, após o armazenamento do cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

Anexo 14. Quadro do resumo da análise de variância para os dados, em porcentagem, de plântulas normais na germinação com substrato umedecido com água destilada (H_2O) e com nitrato de potássio (KNO_3), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, na avaliação inicial, no cultivo 2 (2014) e na avaliação após o armazenamento, no cultivo 1 (2013).

Anexo 15. Quadro do resumo da análise de variância para os dados, em porcentagem, de plântulas normais na germinação com substrato umedecido com água destilada (GERM H_2O), de plântulas normais na primeira contagem da germinação com substrato umedecido com água destilada (PC H_2O), no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014), em $\mu S\ cm^{-1}$, de condutividade elétrica (CE), no cultivo 1 (2013) e, de plântulas normais após envelhecimento acelerado (EA), no cultivo 2 (2014), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K_2O na semeadura e diferentes épocas de colheita, na avaliação inicial e após o armazenamento.

Anexo 1. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de população inicial e final de plantas de crambe (unidade $m\ linear^{-1}$), no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

FV	GL	Quadrados Médios	
		População inicial	População final
Cultivo 1			
Bloco	2	10,059 ^{ns}	3,643 ^{ns}
Adubação (A)	4	15,642 ^{ns}	16,333 ^{ns}
Erro 1	8	10,464	23,912
Época (E)	2	0,247 ^{ns}	89,204*
E x A	8	6,481 ^{ns}	12,167 ^{ns}
Erro 2	20	7,980	21,927
C.V. 1 (%)		14,53	15,49
C.V. 2 (%)		12,69	14,41
Cultivo 2			
Bloco	2	9,689 ^{ns}	1,785 ^{ns}
Adubação (A)	4	4,022 ^{ns}	2,590 ^{ns}
Erro 1	8	17,855	3,512
Época (E)	2	7,489 ^{ns}	6,835 ^{ns}
E x A	8	15,905 ^{ns}	0,692 ^{ns}
Erro 2	20	21,189	2,592
C.V. 1 (%)		16,74	16,81
C.V. 2 (%)		18,23	14,44

ns: não significativo, * significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.
C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Anexo 2. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de comprimento da haste principal (cm), diâmetro da haste (mm), número de folhas (unidade), massa de matéria seca da parte aérea e de folhas (g) de plantas de crambe, em resposta a doses de K₂O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

FV	GL	Quadrados Médios				
		Comprimento da haste principal	Diâmetro haste principal	Número folhas	MS parte aérea	MS folhas
Cultivo 1						
Bloco	2	146,156 ^{ns}	0,025 ^{ns}	4,956 ^{ns}	0,646 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Adução (A)	4	43,867 ^{ns}	0,008 ^{ns}	2,444 ^{ns}	0,216 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Erro 1	8	119,600	0,016	3,344	0,449	0,001
Época (E)	2	245,356 ^{ns}	0,005 ^{ns}	21,356 ^{ns}	0,276 ^{ns}	0,012*
E x A	8	63,717 ^{ns}	0,003 ^{ns}	9,328 ^{ns}	0,144 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Erro 2	20	133,311	0,007	10,967	0,272	0,003
C.V. 1 (%)		17,56	36,72	19,56	65,48	20,04
C.V. 2 (%)		18,54	23,78	38,87	51,01	36,20
Cultivo 2						
Bloco	2	19,489 ^{ns}	0,711 ^{ns}	18,160 ^{ns}	0,388 ^{ns}	0,015 ^{ns}
Adução (A)	4	159,033*	1,732 ^{ns}	13,970 ^{ns}	2,787 ^{ns}	0,005 ^{ns}
Erro 1	8	38,683	0,533	21,60	0,996	0,005
Época (E)	2	69,956 ^{ns}	0,332 ^{ns}	574,020**	1,067 ^{ns}	0,158**
E x A	8	63,567 ^{ns}	0,178 ^{ns}	29,130 ^{ns}	1,401 ^{ns}	0,007 ^{ns}
Erro 2	20	103,44	0,552	48,410	1,307	0,013
C.V. 1 (%)		7,14	15,22	45,55	1,36	0,71
C.V. 2 (%)		11,66	15,49	72,49	1,52	0,73

ns: não significativo, * significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.
C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Anexo 3. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de números de ramos primários, secundários, terciários e total (unidade) por planta de crambe, em resposta a doses de K₂O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

FV	GL	Quadrados Médios			
		Primários	Secundários	Terciários	Total
Cultivo 1					
Bloco	2	5,756 ^{ns}	41,356 ^{ns}	14,156 ^{ns}	117,622 ^{ns}
Adubação (A)	4	4,911 ^{ns}	11,644 ^{ns}	23,856 ^{ns}	56,644 ^{ns}
Erro 1	8	4,811	15,661	11,822	61,428
Época (E)	2	2,156 ^{ns}	9,956 ^{ns}	16,156 ^{**}	79,356 ^{ns}
E x A	8	1,961 ^{ns}	6,261 ^{ns}	2,489 ^{ns}	16,078 ^{ns}
Erro 2	20	3,267	13,167	7,856	35,933
C.V. 1 (%)		36,42	64,29	42,27	24,31
C.V. 2 (%)		30,01	58,95	24,60	17,19
Cultivo 2					
Bloco	2	6,822 ^{ns}	64,867 ^{ns}	32,156 ^{ns}	103,200 ^{ns}
Adubação (A)	4	44,078 ^{ns}	29,256 ^{ns}	25,089 ^{ns}	160,278 ^{ns}
Erro 1	8	1,378	23,006	8,489	56,561
Época (E)	2	2,289 ^{ns}	10,867 ^{ns}	38,956 ^{ns}	54,467 ^{ns}
E x A	8	1,428 ^{ns}	10,256 ^{ns}	13,206 ^{ns}	30,161 ^{ns}
Erro 2	20	1,733	21,111	20,522	82,989
C.V. 1 (%)		12,91	33,31	4,67	8,97
C.V. 2 (%)		14,48	31,91	5,82	10,46

ns: não significativo, * significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Anexo 4. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de produtividade de sementes (kg ha^{-1}), produção de sementes (g planta^{-1}), número de sementes (unidade) e massa de 100 sementes (g) por planta de crambe, em resposta a doses de K_2O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

FV	GL	Quadrados Médios			
		Produtividade	Produção	Nº sem. total	Massa 100 sementes
Cultivo 1					
Bloco	2	26777,424 ^{ns}	0,0484 ^{ns}	20981,000	0,339 ^{ns}
Adubação (A)	4	12148,979 ^{ns}	0,4134 ^{ns}	7000,700	0,192 ^{ns}
Erro 1	8	16272,203	0,2850	14460,500	0,245
Época (E)	2	20977,247 ^{ns}	1,1449**	2435,000	0,296*
E x A	8	16455,281 ^{ns}	0,3603*	2381,200	0,320 ^{ns}
Erro 2	20	23131,291	0,1212	6596,600	0,272
C.V. 1 (%)		47,44	21,62	71,17	26,74
C.V. 2 (%)		56,56	14,98	48,07	35,45
Cultivo 2					
Bloco	2	123704,139*	0,439 ^{ns}	14585,000 ^{ns}	0,005 ^{ns}
Adubação (A)	4	16241,536 ^{ns}	1,473 ^{ns}	38147,000*	0,003 ^{ns}
Erro 1	8	25072,798	0,202	4468,000	0,003
Época (E)	2	256344,085**	0,053 ^{ns}	4673,000 ^{ns}	0,004 ^{ns}
E x A	8	10925,419 ^{ns}	1,091*	23096,000*	0,006*
Erro 2	20	32371,805	0,376	7832,000	0,002
C.V. 1 (%)		24,22	0,99	7,51	16,12
C.V. 2 (%)		27,52	1,16	8,41	14,34

ns: não significativo, * significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Anexo 5. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de produção de sementes na haste principal e nos ramos primários, secundários e terciários (g planta⁻¹) por planta de crambe, em resposta a doses de K₂O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

FV	GL	Quadrados Médios			
		Haste	Primários	Secundários	Terciários
Cultivo 1					
Bloco	2	0,013 ^{ns}	0,117 ^{ns}	0,088 ^{ns}	0,063 ^{ns}
Adubação (A)	4	0,003 ^{ns}	0,050 ^{ns}	0,078 ^{ns}	0,065 ^{ns}
Erro 1	8	0,005	0,128	0,085	0,028
Época (E)	2	0,102 ^{**}	0,127 ^{ns}	0,074 ^{ns}	0,016 ^{ns}
E x A	8	0,013 ^{**}	0,034 ^{ns}	0,026 ^{ns}	0,007 ^{ns}
Erro 2	20	0,003	0,068	0,035	0,015
C.V. 1 (%)		31,16	60,14	95,02	63,92
C.V. 2 (%)		25,51	43,71	61,09	35,01
Cultivo 2					
Bloco	2	0,002 ^{ns}	0,181 ^{ns}	0,138 ^{ns}	0,035 ^{ns}
Adubação (A)	4	0,005 ^{ns}	0,232 ^{ns}	0,291 [*]	0,085 ^{ns}
Erro 1	8	0,004	0,045	0,043	0,029
Época (E)	2	0,001 ^{ns}	0,036 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,232 [*]
E x A	8	0,012 ^{**}	0,164 ^{**}	0,187 ^{ns}	0,071 ^{ns}
Erro 2	20	0,003	0,037	0,128	0,027
C.V. 1 (%)		8,08	24,26	12,32	17,13
C.V. 2 (%)		6,76	21,91	16,16	20,15

ns: não significativo, * significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Anexo 6. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de números de sementes na haste principal e nos ramos primários, secundários e terciários (unidade) por planta de crambe, em resposta a doses de K₂O aplicadas na semeadura e de épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

FV	GL	Quadrados Médios			
		Haste	Primários	Secundários	Terciários
Cultivo 1					
Bloco	2	36,600 ^{ns}	1960,270 ^{ns}	2924,960 ^{ns}	1961,270 ^{ns}
Adubação (A)	4	15,478 ^{ns}	715,520 ^{ns}	717,080 ^{ns}	1485,61 ^{ns}
Erro 1	8	35,961	2509,160	1996,760	619,040
Época (E)	2	28,467 ^{ns}	290,070 ^{ns}	622,820 ^{ns}	65,070 ^{ns}
E x A	8	5,828 ^{ns}	509,040 ^{ns}	629,710 ^{ns}	94,930 ^{ns}
Erro 2	20	16,722	1189,340	1102,43	399,560
C.V. 1 (%)		26,93	59,96	92,41	165,87
C.V. 2 (%)		18,36	41,28	68,66	133,26
Cultivo 2					
Bloco	2	25,756 ^{ns}	4093,800 ^{ns}	3773,400 ^{ns}	1443,400 ^{ns}
Adubação (A)	4	87,644 ^{ns}	5001,000 ^{ns}	6148,500*	2303,000 ^{ns}
Erro 1	8	65,394	901,500	1046,300	685,800
Época (E)	2	75,089 ^{ns}	494,100 ^{ns}	391,600 ^{ns}	3309,100*
E x A	8	123,478 ^{ns}	3214,600**	4104,400 ^{ns}	1249,500 ^{ns}
Erro 2	20	55,100	703,200	2356,6	372,300
C.V. 1 (%)		20,89	23,68	28,38	21,58
C.V. 2 (%)		20,34	20,92	42,60	22,94

ns: não significativo, * significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Anexo 7. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de peso de mil sementes (PM), porcentagem de germinação (GERM), plântulas anormais deformadas (PAD) e sementes não germinadas (SNG), obtidas no teste de germinação com substrato umedecido com água destilada, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na sementeira e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

FV	Quadrados Médios				
	GL	PM (g)	GERM H ₂ O (%)	PAD H ₂ O (%)	SNG H ₂ O (%)
Cultivo 1					
Bloco	2	0,005 ^{ns}	120,800 ^{ns}	8,467 ^{ns}	116,067 ^{ns}
Adubação (A)	4	0,041 ^{ns}	318,756 ^{ns}	5,022 ^{ns}	263,356 ^{ns}
Erro 1	8	0,090	158,689	7,689	179,539
Época (E)	2	0,147 ^{ns}	2559,267 ^{**}	62,467 ^{**}	3226,400 ^{**}
E x A	8	0,100 ^{ns}	124,739 ^{ns}	13,772 ^{ns}	131,039 ^{ns}
Erro 2	20	0,101	124,411	5,978	120,011
C.V. 1 (%)		4,74	33,99	25,28	25,11
C.V. 2 (%)		5,02	29,81	24,33	20,38
Cultivo 2					
Bloco	2	41,353 ^{ns}	132,160 ^{ns}	33,067 ^{ns}	39,500 ^{ns}
Adubação (A)	4	125,398 ^{ns}	79,920 ^{ns}	35,300 ^{ns}	39,600 ^{ns}
Erro 1	8	87,975	50,660	30,067	68,400
Época (E)	2	177,717 ^{ns}	1958,290 ^{**}	239,267 ^{**}	3513,300 ^{**}
E x A	8	66,147 ^{ns}	61,040 ^{ns}	9,600 ^{ns}	59,600 ^{ns}
Erro 2	20	100,150	59,020	10,200	51,800
C.V. 1 (%)		5,19	5,89	6,34	27,21
C.V. 2 (%)		6,34	6,44	3,77	23,68

ns: não significativo, * significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Anexo 8. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de porcentagem de germinação (GERM KNO₃), plântulas anormais deformadas (PAD KNO₃) e sementes não germinadas (SNG KNO₃), obtidas no teste de germinação com substrato umedecido com KNO₃, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

FV	Quadrados Médios			
	GL	GERM KNO ₃ (%)	PADKNO ₃ (%)	SNGKNO ₃ (%)
Cultivo 1				
Bloco	2	48,867 ^{ns}	42,200 ^{ns}	0,289 ^{ns}
Adubação (A)	4	154,167 ^{ns}	162,667 ^{ns}	1,033 ^{ns}
Erro 1	8	141,450	125,950	6,983
Época (E)	2	5772,200**	5834,600**	0,422 ^{ns}
E x A	8	191,950**	174,350**	10,783 ^{ns}
Erro 2	20	49,500	48,567	5,278
C.V. 1 (%)		16,75	46,12	33,81
C.V. 2 (%)		9,91	28,64	31,05
Cultivo 2				
Bloco	2	46,870 ^{ns}	0,689 ^{ns}	48,067 ^{ns}
Adubação (A)	4	43,030 ^{ns}	23,189 ^{ns}	36,978 ^{ns}
Erro 1	8	60,280	14,689	27,928
Época (E)	2	344,070*	299,289**	111,800 ^{ns}
E x A	8	5,820 ^{ns}	10,539 ^{ns}	15,744 ^{ns}
Erro 2	20	60,900	9,356	59,489
C.V. 1 (%)		9,31	38,69	21,32
C.V. 2 (%)		9,36	30,84	26,78

ns: não significativo, * significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.
C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Anexo 9. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de porcentagem de plântulas normais na primeira contagem da germinação com substrato umedecido com água destilada (PC H₂O), de plântulas normais na primeira contagem da germinação com substrato umedecido com KNO₃ (PC KNO₃), condutividade elétrica (CE) e de plântulas normais após envelhecimento acelerado (EA), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

FV	Quadrados Médios				
	GL	PC H ₂ O (%)	PC KNO ₃ (%)	CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	EA (%)
Cultivo 1					
Bloco	2	184,022 ^{ns}	25,489 ^{ns}	1653,000 ^{ns}	66,422 ^{ns}
Adubação (A)	4	279,411 ^{ns}	826,078*	2876,000 ^{ns}	374,467**
Erro 1	8	234,078	90,294	5098,000	46,283
Época (E)	2	2503,756**	4093,089**	51794,000**	834,756**
E x A	8	285,561 ^{ns}	595,728**	2941,000 ^{ns}	133,950**
Erro 2	20	210,333	102,833	1917,000	18,944
C.V. 1 (%)		29,75	23,92	7,21	30,88
C.V. 2 (%)		28,20	25,08	4,48	16,67
Cultivo 2					
Bloco	2	392,290*	11,300 ^{ns}	447,841 ^{ns}	110,467 ^{ns}
Adubação (A)	4	91,410 ^{ns}	59,400 ^{ns}	12224,648 ^{ns}	160,300 ^{ns}
Erro 1	8	71,340	84,900	5025,761	47,717
Época (E)	2	526,420**	3490,400**	684687,724**	174,867*
E x A	8	40,890 ^{ns}	142,500*	1786,541 ^{ns}	17,367 ^{ns}
Erro 2	20	77,200	52,600	7024,685	46,233
C.V. 1 (%)		19,38	15,87	13,70	14,98
C.V. 2 (%)		20,16	12,49	16,19	14,54

ns: não significativo, * significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Anexo 10. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de concentração de nitrogênio, fósforo e potássio em sementes de crambe, provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na semeadura e diferentes épocas de colheita, no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

FV	GL	Quadrados Médios		
		Nitrogênio (g kg ⁻¹)	Fósforo (g kg ⁻¹)	Potássio (g kg ⁻¹)
Cultivo 1				
Bloco	1	0,1373 ^{ns}	0,7584 ^{ns}	0,0546 ^{ns}
Adubação (A)	4	0,2409 ^{ns}	0,4325 ^{ns}	0,7682 ^{ns}
Erro 1	4	1,4644	0,2633	0,2709
Época (E)	2	24,1552**	0,6594 ^{ns}	204,5086**
E x A	8	3,0997*	0,3611 ^{ns}	1,0084*
Erro 2	10	0,9486	0,3472	0,2453
C.V. 1 (%)		3,97	9,80	4,83
C.V. 2 (%)		3,19	11,25	4,60
Cultivo 2				
Bloco	1	0,212 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,093 ^{ns}
Adubação (A)	4	13,027*	0,012 ^{ns}	0,851 ^{ns}
Erro 1	4	1,660	0,003	0,220
Época (E)	2	3,894 ^{ns}	0,033*	100,733**
E x A	8	6,446*	0,009 ^{ns}	1,925**
Erro 2	10	1,776	0,006	0,183
C.V. 1 (%)		3,95	1,93	3,61
C.V. 2 (%)		4,09	2,87	3,29

ns: não significativo, * significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Anexo 11. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de porcentagem de germinação (GERM), plântulas anormais deformadas (PAD) e sementes não germinadas (SNG), obtidas no teste de germinação com substrato umedecido com água destilada, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na semeadura e diferentes épocas de colheita, após o armazenamento do cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

FV	Quadrados Médios			
	GL	GERM H ₂ O (%)	PAD H ₂ O (%)	SNG H ₂ O (%)
Cultivo 1				
Bloco	2	8,270 ^{ns}	7,756 ^{ns}	1,867 ^{ns}
Adubação (A)	4	45,860 ^{ns}	50,667 ^{ns}	6,889 ^{ns}
Erro 1	8	31,070	12,950	10,339
Época (E)	2	546,870**	268,956**	47,400*
E x A	8	32,170 ^{ns}	25,567 ^{ns}	3,206 ^{ns}
Erro 2	20	31,780	26,278	5,778
C.V. 1 (%)		39,95	7,97	6,24
C.V. 2 (%)		37,65	8,25	4,85
Cultivo 2				
Bloco	2	52,356 ^{ns}	35,489 ^{ns}	11,356 ^{ns}
Adubação (A)	4	117,411 ^{ns}	16,000 ^{ns}	48,800 ^{ns}
Erro 1	8	36,911	7,517	33,467
Época (E)	2	272,622**	107,022**	92,089 ^{ns}
E x A	8	15,011 ^{ns}	4,050 ^{ns}	19,450 ^{ns}
Erro 2	20	62,733	7,444	54,011
C.V. 1 (%)		52,16	21,94	11,33
C.V. 2 (%)		47,63	20,10	12,23

ns: não significativo, * significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.
C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Anexo 12. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de porcentagem de germinação (GERM KNO₃), plântulas anormais deformadas (PAD KNO₃) e sementes não germinadas (SNG KNO₃), obtidas no teste de germinação com substrato umedecido com KNO₃, de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na semeadura e diferentes épocas de colheita, após o armazenamento do cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

FV	Quadrados Médios			
	GL	GERM KNO ₃ (%)	PADKNO ₃ (%)	SNGKNO ₃ (%)
Cultivo 1				
Bloco	2	90,820 ^{ns}	91,360 ^{ns}	90,820 ^{ns}
Adubação (A)	4	73,640 ^{ns}	62,690 ^{ns}	73,640 ^{ns}
Erro 1	8	144,38	120,020	144,38
Época (E)	2	2038,690**	1813,760**	2038,690*
E x A	8	53,490 ^{ns}	53,420 ^{ns}	53,490 ^{ns}
Erro 2	20	38,000	38,290	38,000
C.V. 1 (%)		14,59	76,91	68,18
C.V. 2 (%)		7,48	43,44	34,98
Cultivo 2				
Bloco	2	52,870 ^{ns}	42,070 ^{ns}	7,467 ^{ns}
Adubação (A)	4	74,220 ^{ns}	19,240 ^{ns}	39,744 ^{ns}
Erro 1	8	46,220	39,930	32,078
Época (E)	2	787,400**	424,470**	88,267 ^{ns}
E x A	8	49,620 ^{ns}	28,580 ^{ns}	14,794 ^{ns}
Erro 2	20	33,410	19,660	46,789
C.V. 1 (%)		21,15	2,86	7,82
C.V. 2 (%)		16,90	1,87	8,53

ns: não significativo, * significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.
C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Anexo 13. Quadro do resumo da análise de variância para os dados de porcentagem de plântulas normais na primeira contagem da germinação com substrato umedecido com água destilada (PC H₂O), de plântulas normais na primeira contagem da germinação com substrato umedecido com KNO₃ (PC KNO₃), condutividade elétrica (CE) e de plântulas normais após envelhecimento acelerado (EA), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na semeadura e diferentes épocas de colheita, após o armazenamento do cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014).

FV	Quadrados Médios				
	GL	PC H ₂ O (%)	PC KNO ₃ (%)	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	EA (%)
Cultivo 1					
Bloco	2	201,200 ^{ns}	339,500 ^{ns}	515,8236 ^{ns}	41,870 ^{ns}
Adubação (A)	4	184,600 ^{ns}	370,100 ^{ns}	12985,0148 ^{ns}	107,420 ^{ns}
Erro 1	8	68,700	166,800	18918,6535	140,510
Época (E)	2	4170,900 ^{**}	4036,600 ^{**}	995337,5034 ^{**}	2510,870 ^{**}
E x A	8	169,600 ^{**}	159,200 ^{**}	3061,7244 ^{ns}	195,760 ^{**}
Erro 2	20	42,800	42,100	7794,8722	41,780
C.V. 1 (%)		15,380	27,70	14,32	36,55
C.V. 2 (%)		12,610	13,91	9,73	18,59
Cultivo 2					
Bloco	2	198,760 ^{ns}	208,62 ^{ns}	10087,886 ^{ns}	25,360 ^{ns}
Adubação (A)	4	127,480 ^{ns}	113,78 ^{ns}	4563,374 ^{ns}	78,970 ^{ns}
Erro 1	8	68,730	113,26	5186,993	71,130
Época (E)	2	1277,420 ^{**}	2213,760 ^{**}	513514,818 ^{**}	1819,020 ^{**}
E x A	8	45,140 ^{ns}	39,730 ^{ns}	2505,287 ^{ns}	61,97 ^{ns}
Erro 2	20	105,000	42,470	7374,836	51,480
C.V. 1 (%)		32,60	19,06	15,01	12,86
C.V. 2 (%)		35,72	11,64	17,90	10,94

ns: não significativo, * significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

C.V. 1 (%) = parcela e C.V. 2 (%) = subparcela.

Anexo 14. Quadro do resumo da análise de variância para os dados, em porcentagem, de germinação com substrato umedecido com água destilada (H₂O) e com nitrato de potássio (KNO₃), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na semeadura e diferentes épocas de colheita, na avaliação inicial, no cultivo 2 (2014) e na avaliação após o armazenamento, no cultivo 1 (2013).

FV	GL	Quadrados Médios	
		Inicial – Cultivo 2	Após Armazenamento - Cultivo 1
Bloco	2	66,114 ^{ns}	63,731 ^{ns}
H ₂ O x KNO ₃ (T)	1	10468,892*	1713,306*
Erro 1	2	112,046	31,486
Adubação (A)	4	104,178 ^{ns}	57,679 ^{ns}
T x A	4	21,898 ^{ns}	61,947 ^{ns}
Erro 2	16	53,448	86,424
Época (E)	2	344,554**	2348,389**
E x T	2	1982,883**	236,485**
E x A	8	45,110 ^{ns}	63,763 ^{ns}
E x A x T	8	20,704 ^{ns}	21,199 ^{ns}
Erro 3	40	60,544	34,663
C.V. 1 (%)		14,58	6,47
C.V. 2 (%)		10,07	10,71
C.V. 3 (%)		10,71	6,79

ns: não significativo, * significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.
C.V. 1 (%) = parcela, C.V. 2 (%) = subparcela e C.V. 3 (%) = subsubparcela.

Anexo 15. Quadro do resumo da análise de variância para os dados, em porcentagem, de germinação com substrato umedecido com água destilada (GERM H₂O), plântulas normais na primeira contagem da germinação com substrato umedecido com água destilada (PC H₂O), no cultivo 1 (2013) e no cultivo 2 (2014), em $\mu\text{S cm}^{-1}$, de condutividade elétrica (CE), no cultivo 1 (2013) e, de plântulas normais após exposição ao envelhecimento acelerado (EA), no cultivo 2 (2014), de sementes de crambe provenientes de plantas submetidas a diferentes doses de K₂O na semeadura e diferentes épocas de colheita, na avaliação inicial e após o armazenamento.

FV	Quadrados Médios				
	GL	GERM H ₂ O (%)	PC H ₂ O (%)	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	EA (%)
Cultivo 1					
Bloco	2	33,409 ^{ns}	37,928 ^{ns}	1882,754 ^{ns}	-
Inicial x Armazenamento (T)	1	5423,775*	9845,370*	210887,516**	-
Erro 1	2	96,753	344,561	286,431	-
Adubação (A)	4	249,940 ^{ns}	216,301 ^{ns}	10242,321 ^{ns}	-
T x A	4	114,016 ^{ns}	251,970 ^{ns}	5618,294 ^{ns}	-
Erro 2	16	94,937	149,523	12008,117	-
Época (E)	2	802,861**	4936,061**	1474082,531**	-
E x T	2	2303,729**	1703,193**	39196,786**	-
E x A	8	37,033 ^{ns}	237,037 ^{ns}	5703,842 ^{ns}	-
E x A x T	8	117,502 ^{ns}	219,487 ^{ns}	298,779 ^{ns}	-
Erro 3	40	78,055	126,496	4856,133	-
C.V. 1 (%)		11,80	30,00	3,97	-
C.V. 2 (%)		11,69	19,76	25,73	-
C.V. 3 (%)		10,60	18,18	16,36	-
Cultivo 2					
Bloco	2	147,405 ^{ns}	516,044 ^{ns}	-	110,766 ^{ns}
Inicial x Armazenamento (T)	1	12452,665**	9804,205**	-	187,633 ^{ns}
Erro 1	2	38,349	83,465	-	18,676
Adubação (A)	4	155,014*	164,933 ^{ns}	-	181,512*
T x A	4	39,384 ^{ns}	51,470 ^{ns}	-	58,772 ^{ns}
Erro 2	16	44,976	70,863	-	59,847
Época (E)	2	411,739**	786,161**	-	1180,535**
E x T	2	1847,723**	1037,764**	-	809,684**
E x A	8	58,630 ^{ns}	49,252 ^{ns}	-	47,5024 ^{ns}
E x A x T	8	16,783 ^{ns}	38,487 ^{ns}	-	32,182 ^{ns}
Erro 3	40	60,680	89,406	-	49,413
C.V. 1 (%)		8,41	16,92	-	6,73
C.V. 2 (%)		9,11	15,59	-	12,05
C.V. 3 (%)		10,58	17,51	-	10,95

ns: não significativo, * significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.
C.V. 1 (%) = parcela, C.V. 2 (%) = subparcela e C.V. 3 (%) = subsubparcela.